



INOVATÍVNY PRÍSTUP PRI HODNOTENÍ PRACOVNÉHO ZAŤAŽENIA ZAMESTNANCOV VYBRANÉHO PRACOVISKA

INNOVATIVE APPROACH FOR ASSESSMENT OF WORKLOAD OF EMPLOYEES IN SELECTED WORKPLACE

Rastislav BEŇO - Tomáš ZELENAY

Abstract

The article deals with the innovative approach for assessment of workload of employees in selected workplace. First part present the introduction of article. In the second part of article are presented definition of problem, main goals and the methodology. The third part presents the results of analysis which was realized with Nordic Questionnaire. Finally the fourth part describes the application of simulation model with using Tecnomatix Process Simulate and Tecnomatix Jack 8.2.

Key words

Ergonomics, Nordic Questionnaire, modelling, Tecnomatix Jack, Process Simulate

Úvod

V súčasnosti sa v našej spoločnosti stále stretávame s nedostatkami prispôsobovania práce a pracovných podmienok možnostiam a schopnostiam zamestnancov. Podniky vyvíjajú tlak na zamestnancov, aby podávali požadovaný pracovný výkon, avšak nie vždy vytvárajú také podmienky, aby daný pracovný výkon boli schopní realizovať bez ohrozenia vlastného zdravia pri vystavení vplyvom dlhodobého, nadmerného a jednostranného zaťaženia organizmu. Aj keď sa nasledujúce tvrdenie javí ako zrejmé, je na mieste zaujať postoj a konštatovať, že požadovaný pracovný výkon možno požadovať len od zamestnancov, ktorí sú odpočínutí, zdraví, oddýchnutí a spokojní. Na pohľad banálne a zjavné, avšak často opomínané sa stáva nevyhnutnou súčasťou filozofie manažmentu pre dosahovanie synergického efektu všetkých zainteresovaných strán, tzv. stakeholderov. Ako je správne podotknuté v článku Čuchranovej [1] nie len v Slovenskej republike stúpa počet ochorení podporno – pohybového systému, úrazov, či chorôb z povolania. Podniky by preto mali vynakladať aktivity smerujúce k tvorbe udržateľného pracovného výkonu pri zabezpečení ergonomicky akceptovateľných a pružných pracovných podmienok a podmienok pracovného prostredia.

Definovanie problému, ciele a použité metódy

V podniku sú pre proces pomed'ovania a pochrómovania valcov zamestnancami ručne osádzané nástavce o hmotnosti 15 kg, pričom tieto sú následne dotiahnuté elektrickou ťahovačkou. Nástavce slúžia pre uchytenie a prenos valcov pomocou žeriavového zariadenia do príslušných roztokov. Zamestnanci sa sťažujú na zvýšené zaťaženie, resp. problémy, ktoré pociťujú v hornej a spodnej časti chrbtice pri výkone ich pracovnej činnosti. Daný problém po počiatočnom obhliadnutí pracoviska, definovaných rozhovorov, ako aj realizovanej video analýzy a predbežných záverov vzniká častým a nadmerným ohýbaním a nadmernou chôdzou zamestnancov pre nástavce, ktoré je potrebné osádzať na oba konce valcov. Zamestnanci napríklad zároveň nemajú vytvorené objektívne vizuálne štandardy, ktoré by ich inštruovali k správne postupu realizácie pracovnej činnosti.



Cieľom projektu realizovaného vo vybranom priemyselnom podniku je návrh riešenia pre zníženie zaťaženia ručnej manipulácie s bremenami a činností spôsobujúcich poškodenie podporno – pohybovej sústavy.

V rámci realizácie projektu sú využívané primárne ako aj sekundárne zdroje. Primárne zdroje tvoria informácie z podniku, ktoré sú získavané od manažérky výroby, ako aj informácie získané priamo od zamestnancov z rozhovorov (resp. dotazníkovým prieskumom), prostredníctvom meetingov, konzultácií a video analýz. Sekundárne zdroje tvoria domáca a zahraničná literatúra, vedecké články a časopisy, ako aj interné dokumenty spoločnosti. Pri spracovávaní získaných výstupov boli použité metódy, techniky a nástroje, ktoré boli volené na základe relevantnosti k danej problematike. Ako hlavná metóda, ktorá je využívaná je analýza, prostredníctvom ktorej detailne realizujeme rozbor teoretickej i analytickej časti práce pre identifikáciu správania sa systému a definovanie jeho štruktúry, ďalej syntéza pre triedenie a hierarchizáciu nadobudnutých poznatkov, indukcia pre reduktívne usudzovanie a spájanie viacerých jedinečných poznatkov pre odvodenie zovšeobecnených záverov, dedukcia pre vyvodenie záverov, ktorý je logickým výsledkom viacerých premís.

Pre potreby projektu sú využívané dotazník Nordic Questionnaire, štatistické metódy, metódy NIOSH, RULA, ako aj nástroje digitálneho podniku Process Simulate a Tecnomatix Jack 8.2.

Očakávané prínosy z realizovaného projektu sú definované nasledovne:

- zníženie počtu úrazovosti,
- zníženie počtu chorôb z dlhodobého, nadmerného jednostranného zaťaženia končatín,
- zníženie nákladov súvisiacich s rekonvalescenciami,
- zníženie počtu faktorov negatívne vplyvujúcich na produktivitu práce zamestnancov (používanie sily, zdvíhanie, nosenie, ťahanie, tlačenie, používanie nástrojov, opakované pohyby, nevhodné a statické polohy, hlučnosť a pod.),
- zvýšenie spokojnosti zamestnancov s vykonávanou prácou vplyvom navrhnutých riešení.

Výsledky analýzy realizovanej prostredníctvom dotazníka Nordic Questionnaire

Zber dát v rámci realizovaného prieskumu bol realizovaný pomocou extrapoláčnej metódy kladením otázok prostredníctvom dotazníka, ktorý bol distribuovaný osobne zamestnancom na vybranom pracovisku, na základe ich informovaného súhlasu. Zber dát prostredníctvom dotazníka s využitím priamych pozorovaní slúžil ako prvotná aproximácia k zisteniu stavu uplatňovania ergonómie a vplyvu práce, pracovných strojov, nástrojov, prostredia a organizácie práce na vznik ťažkostí a chorôb súvisiacich s prácou. Na základe prvotnej analýzy sa získali údaje, ktoré boli prekonzultované so zástupkyňou vedenia podniku a boli vyhodnocované prostredníctvom epidemiologického systému EPI info. pre selekciu štatisticky významných faktorov (hodnotených znakov) od štatisticky bezvýznamných, pre definovanie výsledkov na určenie problémových oblastí zamestnancov.

Vyhodnotenie údajov získaných dotazníkovým prieskumom bolo podporené výpočtom štatistických charakteristík pre parametrické a neparametrické znaky. Podľa typu hodnotených parametrov sú porovnávané ich distribúcie alebo frekvencie alternatív parametrov, pričom sú tieto frekvencie vyjadrené v percentách s 95% spoľahlivosťou. Výsledky štatistického spracovania získaných dát v priebehu ergonomickej analýzy sú dokumentované a graficky vyjadrené prostredníctvom tabuliek a grafov.



Prostredníctvom stanovených hypotéz sa s využitím aproximačného prístupu sledujú pomocou všeobecného dotazníka Nordic Questionnaire vplyvy vybraných základných hodnotených znakov na vznik porúch a poškodenia zdravia zamestnancov.

Na základe spracovania výsledkov z dotazníka a priamych pozorovaní sa následne potvrdzuje alebo vyvracia testovaná hypotéza. Ak sa vplyv niektorého zo sledovaných faktorov preukazuje ako štatisticky významný ($p < 0,05$), v takom prípade je hypotéza prijatá a naopak, ak sa niektorý zo sledovaných faktorov preukázal ako štatisticky bezvýznamný, v takom prípade nemám dostatočný dôkaz na to, aby sme hypotézu zamietli, čiže zistený rozdiel môže byť dôsledkom náhody. Týmto krokom sa vytvoril základ pre sekundárnu fázu analýzy, kedy sme pristúpili k sledovaniu štatisticky významných sledovaných faktorov čo následne vytvára východisko pre tvorbu návrhov a opatrení v zmysle sledovaného cieľa.

Významnosť rozdielov v prípade porovnávania je charakterizovaná pravdepodobnosťou „p“ zamietnutia hypotézy a prijatia alternatívnej hypotézy o významnosti rozdielu sledovaných znakov na úrovniach:

- významný rozdiel, hladina významnosti 5% ($p = 0,05$ a $> 0,01$) označ. *,
- vysoko významný rozdiel, hladina významnosti 1% ($p = 0,01$ a $> 0,001$) označ. **,
- veľmi vysoko významný rozdiel, hladina významnosti 0,1% ($p = 0,001$) označ. ***.

Keď je pod niektorou z tabuliek uvedené, že Chí kvadrát nie je validný, chápeme uvedené hodnoty ako možný náznak trendu.

V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené príklady výsledkov získaných dotazníkovým prieskumom prostredníctvom Nordic Questionnaire.

Na danom pracovisku pracujú výlučne muži, a preto nebolo potrebné realizovať vyhodnocovanie jednotlivých vplyvov modifikovateľných a nemodifikovateľných faktorov na základe pohlavia.

Pre potreby vyhodnocovania sa sledoval vplyv modifikovateľných a nemodifikovateľných faktorov na vznik ťažkostí a poškodení podporno – pohybového systému (PPS). Na nasledujúcich tabuľkách možno ako príklady dotazníkového prieskumu vidieť frekvencie výskytu ťažkostí u zamestnancov, percentá odpovedí indikujúcich faktor ako hlavný problém na škále od 0 – 10, ako aj vplyv vekových kategórií, výšky a BMI.

Tab.01 Výskyt ťažkostí PPS u pracovníkov prevádzky príp. podniku

Ťažkosti PPS	Frekvencie	%	95% Konf. lim.
Výskyt ťažkostí	23	92	73,97% - 99,02%
Bez ťažkostí	2	8	0,98% - 26,03%
CELKOM	25	100,0%	

Tab.02 Výskyt kategórií podľa intenzity ťažkostí PPS

LOKALIZÁCIA ŤAŽKOSTÍ	Muži vybraných prevádzkach podniku (n = 25)	
	% so symptómami	% návštev u lekára
Šija	32%	8,00%
Plecia	32%	0%
Chrbát (Thorakálna oblasť)	84%	24,00%
Lakte	32%	4,00%
Križe (Lumbo-sakrálna oblasť)	24%	4,00%
Diane/Ruky	48%	8,00%
Bedrá/stehná	16%	0%
Kolená	52%	4,00%
Členky/Chodidlá	36%	4,00%



Tab.03 Percento odpovedí indikujúcich faktor ako hlavný problém (9 a 10) na škále 0 – 10

FAKTORY PRACOVNÝCH PODMIENOK	SPOLU
Práca opakovaná dokola	3
Vysoké pracovné tempo	6
Manipulácia s malými predmetmi	0
Nedostatočné prestávky	0
Vynútené pracovné polohy	4
Dlhé zotrvávanie v prac. polohe	7
Nadmerné predklony a vytáčanie trupu	8
Práca na hranici možností	2
Práca nad úrovňou hlavy	2
Mikroklíma	3
Práca po poranení a v chorobe	2
Manipulácia s ťažkým bremenom	11
Kvalita organizácie práce	7
Kvalita nástrojov	5
Kvalita zázviku a školení	0

Tab.04 Vekové kategórie a intenzita ťažkostí podpornopohybového systému (PPS) v sledovanom súbore

Kategórie podľa telesnej výšky	Kategórie podľa intenzity ťažkostí PPS			Spolu
	Bez ťažkostí	Výskyt ľahších ťažkostí	Výskyt ťažkostí, nutná návšteva lekára	
1, kat, - vek ≤ 24,999	1	1	0	2
2, kat, - vek > 24,999 a ≤ 29,999	0	2	0	2
3, kat, - vek > 29,999 and ≤ 39,999	1	3	2	6
4, kat, - vek > 39,999 and ≤ 49,999	0	6	1	7
5, kat, - vek > 49,999	0	1	3	4
CELKOM	2	13	6	21

Chi kvadrát = 14,4389

Počet stupňov voľnosti = 8

pravdepodobnosť "p" = 0,071

Tab.05 Telesná výška a výskyt ťažkostí PPS

Ťažkosti PPS	Telesná výška, základné štatistické charakteristiky								Št. význ. rozdielov
	n	Ar.priem.	S.D.	Min.	25%il	Medián	75%il	Max.	
Výskyt ťažkostí	23	178,2826	8,4663	161	173,75	178,5	184,25	197,5	–
Bez ťažkostí	2	179,25	2,4749	177,5	177,5	179,25	179,25	181	

Mann-Whitneho alebo Wilcoxonov "Two-Sample Test" (Kruskal-Wallisov test pre dve skupiny)

Kruskal-Wallisov H test (ekvivalent Chi kvadrátu) = 0,025

Počet stupňov voľnosti = 1

pravdepodobnosť "p" = 0,9600

Tab.06 Kategórie podľa telesnej výšky a výskyt kategórií podľa intenzity ťažkostí PPS

Kategórie podľa telesnej výšky	Kategórie podľa intenzity ťažkostí PPS			Spolu
	Bez ťažkostí	Výskyt ľahších ťažkostí	Výskyt ťažkostí, nutná návšteva lekára	
Malí	0	1	0	1
Strednej postavy	0	4	1	5
Vysokí	2	8	5	15
CELKOM	2	13	6	21

Chi kvadrát = 3,7275

Počet stupňov voľnosti = 4

pravdepodobnosť "p" = 0,4441



Tab.07 Kategórie BMI a intenzita ťažkosti PPS

Kategórie BMI	Kategórie podľa intenzity ťažkostí PPS			Spolu
	Bez ťažkostí	Výskyt ľahších ťažkostí	Výskyt ťažkostí, nutná návšteva lekára	
ASTENICI	0	0	0	0
ŠTÍHLI	0	3	0	3
ADEKVÁTNI	1	2	1	4
ROBUSTNÍ	1	7	5	13
OBÉZNÍ	0	1	0	1
CELKOM	2	13	6	21

Chi kvadrát = 4,1889

Počet stupňov voľnosti = 6

pravdepodobnosť "p" = 0,6511

Je potreby projektu bola realizovaná štúdia typu Case – control [2, 3, 4, 5, 6] pre hodnotenie vplyvu modifikovateľných faktorov práce a pracovného prostredia. Pre oblasť ergonómie ide o porovnanie frekvencie expozície medzi skupinami s ťažkosťami a poškodeniami súvisiacimi s prácou a bez nich.

Tab.08 Štúdia Case – control

Exponovaní	Chorí		Zdraví
	Áno	A	B
	Nie	C	D

Vypočítava sa tzv. Odds ratio (OR) alebo podiel pravdepodobnosti:

$$OR = \frac{A/B}{C/D} = \frac{A \times D}{B \times C}, \quad (1)$$

OR sme interpretovali nasledovne:

- OR = 1 riziko je rovnaké pre exponovaných aj neexponovaných zamestnancov,
- OR < 1 sledovaný rizikový faktor nepredstavuje riziko pre sledovanú skupinu zamestnancov,
- OR > 1 koľkokrát je výsledok väčší ako jedna, toľkokrát majú exponovaní zamestnanci väčšie riziko ochorenia vplyvom sledovaného faktora.

Na nasledujúcom obrázku je príklad realizovaného výpočtu s využitím programu EPI Info. pre sledovaný faktor: „Práce vo vnútenom predklone, pri náklonoch a vytáčaní trupu do strán.“

				Single Table Analysis			
LYC							
JFE7	1	0	Total	Point Estimate	95% Confidence Interval		
					Lower		Upper
1	22	0	22				
Row%	100,00%	0,00%	100,00%				
Col%	95,65%	0,00%	88,00%				
0	1	2	3				
Row%	33,33%	66,67%	100,00%				
Col%	4,35%	100,00%	12,00%				
TOTAL	23	2	25				
Row%	92,00%	8,00%	100,00%				
Col%	100,00%	100,00%	100,00%				

				PARAMETERS: Odds-based			
				Odds Ratio (cross product)	Undefined	Undefined	Undefined (T)
				Odds Ratio (MLE)	Undefined	2,6737	Undefined (M)
						1,7152	Undefined (F)
				PARAMETERS: Risk-based			
				Risk Ratio (RR)	3,0000	0,6055	14,8641 (T)
				Risk Difference (RD%)	66,6667	13,3222	120,0111 (T)
				(T=Taylor series; C=Cornfield; M=Mid-P; F=Fisher Exact)			
				STATISTICAL TESTS			
				Chi-square	15,9420	1-tailed p	2-tailed p
				Chi-square - uncorrected	15,9420		0,0000664814
				Chi-square - Mantel-Haenszel	15,3043		0,0000926748
				Chi-square - corrected (Yates)	8,1707		0,0042584079
				Mid-p exact		0,0050000000	
				Fisher exact		0,0100000000	0,0100000000

Obr.1 Výpočet Odds Ratio a Risk Ratio pre vybraný modifikovateľný rizikový faktor



Pre prípad, že sme nevedeli definovať OR, ako v je vidieť na predchádzajúcom obrázku, sme pre jednotlivé faktory definovali prevalenciu a teda – chorobnosť. Daný údaj nám slúžil pre definovanie potreby nápravných opatrení z hľadiska vplyvu rizikového faktora. Prevalencia bola definovaná ako:

$$Prevalencia = \frac{\text{počet zamestnancov s výskytom ťažkosti}}{\text{celkový počet zamestnancov v sledovanej skupine}} \times 100 \quad (2)$$

Aplikácia Tecnomatix Process Simulate a Tecnomatix Jack 8.2

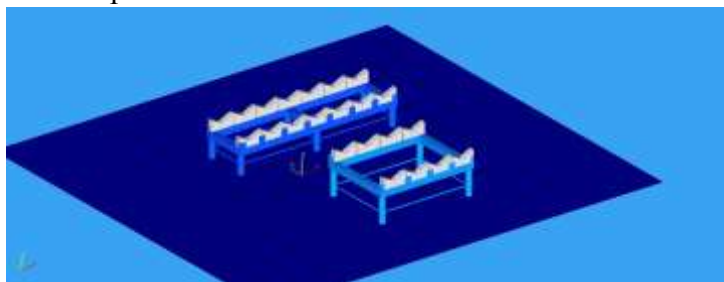
Pre podporu navrhovaných riešení na minimalizáciu vplyvov faktorov práce a pracovného prostredia sme sa za podpory manažmentu podniku rozhodli realizovať simuláciu pracovnej činnosti zamestnancov vybraného pracoviska. Tak ako uvádzajú v svojom článku: „PLM systémy a ich uplatnenie“ Trebuňa a Kliment [7], ide o prístup pre rýchlejšie vypracovanie projektov, modelov, simulácii výrobných procesov, alebo simulácii samostatných funkcií a činností výrobkov. Jedným z najvhodnejších riešení pre zastrešenie a riadenie všetkých týchto a mnohých ďalších požiadaviek v procese výroby je využitie PLM systémov a ich technológií.

Pre potrebu projektu boli aplikované dva moduly Tecnomatix od spoločnosti Siemens a to konkrétne Process Simulate a Tecnomatix Jack 8.2.

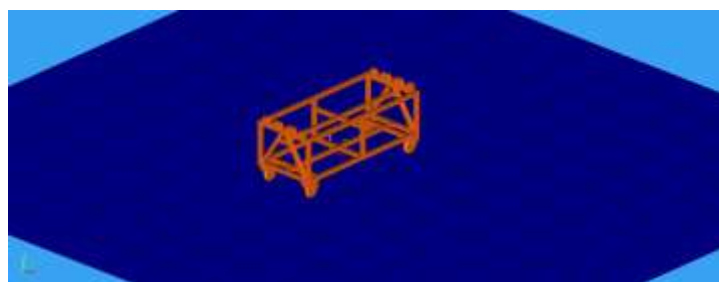
Modul Process Simulate nám slúžil k tvorbe podstatných prvkov pracovného prostredia a to:

- statických dopravníkov pre uloženie valcov,
- mobilných dopravníkov – vozíkov na valce v troch modifikáciách,
- valcov,
- nástavcov na valcov,
- žerjavu na prepravu valcov medzi statickými dopravníkmi a strojným zariadením.

Na obrázkoch 1 a 2 možno vidieť príklady vytvorených statických dopravníkov a mobilného dopravníku v prostredí Process Simulate.



Obr.2 Statické dopravníky vytvorené v prostredí Tecnomatix Process Simulate



Obr.3 Mobilný dopravník – vozík na prevoz valcov vytvorený v prostredí Tecnomatix Process Simulate



V súčasnosti je vytvárané v module Tecnomatix Jack 8.2 komplexné pracovné prostredie, ktoré integruje všetky podstatné prvky pracovného systému človek – stroj – prostredie do jedného celku, aby sa mohla realizovať simulácia slúžiaca k podpore realizácie navrhnutých opatrení. V prostredí Tecnomatix Jack je vyhotovený biomechanický model ľudského tela, ktorý bol definovaný na základe štatistického vyhodnotenia antropometrických meraní, ktoré sme vo vybranej prevádzke podniku realizovali. Príklad vytvoreného biomechanického modelu človeka je na obrázku č.4. Pre realizáciu simulácie budú následne aplikované nástroje Task Simulation Builder a Animation System s použitými analytickými nástrojmi pre hodnotenie pracovného zaťaženia zamestnancov RULA, NIOSH, Static Strength Prediction a Lowe Back Analysis.



Obr.4 Príklad biomechanického modelu človeka v prostredí Tecnomatix Jack 8.2

Súhrn

Vzhľadom k potrebe stabilného pracovného výkonu pri rešpektovaní požiadaviek zákazníkov na rýchle dodanie výrobkov v požadovanej kvalite sa stáva nevyhnutnou orientácia na človeka ako najslabšieho prvku pracovného systému.

Základná orientácia na vytváranie vhodných pracovných podmienok pre zamestnancov predstavuje priestor pre napĺňanie požiadaviek zákazníka a stabilizáciu pracovného procesu.

Danú skutočnosť si postupne uvedomuje aj vedenie podniku v ktorom sa realizuje projekt s cieľom návrhu riešenia pre zníženie zaťaženia ručnej manipulácie s bremenami a činností spôsobujúcich poškodenie podporno – pohybovej sústavy.

Predbežné výsledky spolupráce v rámci realizácie projektu ukazujú na potvrdenie správnosti orientácie realizácie jednotlivých krokov. Pre podporu realizovaných návrhov a opatrení bol realizovaný dotazníkový prieskum, ktorý zároveň slúžil na potvrdenie predpokladov o vplyve modifikovateľných a nemodifikovateľných rizikových faktorov. Zároveň v súčasnosti prebiehajú aktivity a úlohy vedúce k realizácii simulácie pracovnej činnosti za účelom definovania podstatných zmien a parametrov.

Výstupy zo simulácie a výsledkov projektu budú následne prezentované tak vedeniu podniku, ako aj zamestnancom, aby si uvedomili, aký vplyv môže mať na ich zdravie a pracovný výkon nie len pracovné prostredie a pracovné nástroje či pomôcky, ale aj samotný priebeh realizácie pracovnej činnosti a pracovné návyky.



Tento príspevok bol pripravený v rámci riešenia grantového projektu 1/0448/13 Transformácia ergonomického programu do štruktúry manažérstva podniku integráciou a využitím modulov QMS, EMS, HSMS.

Kľúčové slová

Ergonómia, Nordic Questionnaire Nordic Questionnaire, modelovanie, Tecnomatix Jack, Process Simulate

Použitá literatúra

- [1] ČUCHRANOVÁ, J.: Hodnotenie posturálnej záťaže pracovníka využitím metódy RULA. [online]. The15th International Scientific Conference: Trends and Innovative Approaches in Business Processes “2012”, TUKE: [citované 2014 – 12 – 15]
<http://www.sjf.tuke.sk/kpam/TaIPvPP/2012/index.files/clanky/37%20Jana%20Cuchranova%20Hodnotenie.pdf>,
- [2] EGNEROVÁ, A.: Základy epidemiológie. Vysokoškolské učebné texty, Fakulta zdravotníctva a sociálnej práce Trnavskej univerzity, SAP spol. s r. o., Trnava, 1999
- [3] EISEN, E. A. – WEGMAN, D. H.: Epidemiology. In: Levy, B. S. Wegman, D. H.: Occupational Health: Recognizing and Preventing Work – Related Disease. 3rd edition
- [4] GREENSBERG, R. E. et all.: Medical Epidemiology. A Lange medical books, second edition, Appleton & Lange, Connecticut 1996
- [5] Hatiar, K.: Ergonómia a preventívne ergonomické programy (3): Hodnotenie rizík v pracovnom procese z hľadiska ergonómie, Bezpečná práca, 35, 2004, 3, p.3 – 10, INDEX 49032 ISSN 0322-8347
- [6] JANOUT, V.: Klinická epidemiologie – nedílná součást klinických rozhodovacích procesů, Grada Publishing, Praha, 1998
- [7] TREBUŇA, P., KLIMENT, M.: PLM systémy a ich uplatnenie. [online]. The15th International Scientific Conference: Trends and Innovative Approaches in Business Processes “2012”, TUKE: [citované 2014 – 12 – 15]
<http://www.sjf.tuke.sk/kpam/TaIPvPP/2012/index.files/clanky/17%20Peter%20TrebuNa%20Marek%20Kliment%20PLM.pdf>

Kontaktná adresa

Ing. Rastislav Beňo, PhD.

Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta v Trnave

Ústav priemyselného inžinierstva a manažmentu, Paulínska 16, 917 24, Trnava

rastislav.beno@stuba.sk

Tomáš Zelenay

Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta v Trnave,

Ústav priemyselného inžinierstva a manažmentu, Paulínska 16, 917 24, Trnava,

xzelenayt@is.stuba.sk