



SERVISNÍ LOGISTIKA A IMPLEMENTACE NÁSTROJŮ ŠTÍHLÉ VÝROBY

SERVICE LOGISTICS AND IMPLEMENTATION OF LEAN PRODUCTION TOOLS

Ján KOBULNICKÝ-Tomáš KAMARYT-Tereza VYSKOČILOVÁ

Abstract: The maintenance of the production facilities together with service logistics are one of the areas with huge potential to increase availability reliability and therefore the reduction associated costs and waste as well [6]. The article defines the solved areas emphasize the importance of the industrial engineering methods in service logistics and suggests versatile framework of the industrial engineering method implementation within the solved area.

Abstrakt: Údržba výrobních strojů a zařízení spolu s logistickým zajištěním tohoto servisního úkonu jsou oblasti s velkým potenciálem pro zvýšení dostupnosti a spolehlivosti zařízení a tím i redukci nákladů a plýtvání [6]. Tento článek definuje obě řešené oblasti, vyzdvihuje důležitost metod průmyslového inženýrství v servisní logistice a stanovuje obecný rámec implementace metod průmyslového inženýrství v této oblasti.

Keywords: Service logistics, maintenance, industrial engineering, logistics costs.

Klíčové slova: Servisní logistika, údržba, průmyslové inženýrství, logistické náklady.

Úvod

Produkce kvalitních výrobků podle přání zákazníků, v požadované kvalitě a za přijatelnou cenu je dnes pro podniky důležitá více než kdy jindy [10]. Konkurenční tlak na prodejní cenu výrobků se přenáší do návrhu produktu i jeho výroby. Oblastí s velkým potenciálem, kde se tento tlak prozatím tak výrazně neprojevuje, jsou logistické procesy. Při otázce jak srazit výrobní cenu svého výrobku se dostáváme k zeštíhlení výrobních i logistických procesů. Jak ale dosahovat cílů štíhlé výroby, stabilizovat popřípadě zvyšovat produktivitu práce nebo eliminovat plýtvání ve společnosti? Když nám v tom brání výpadky strojů a zařízení a zároveň nejsou stanoveny odpovědnosti za tyto výpadky, standardy stroje ani potřebná dokumentace a navíc se dostáváme do konfliktu s dlouhými dodacími lhůtami náhradních dílů?

1. Udržovatelnost výrobního zařízení

Udržovatelnost vyjadřuje úroveň obtížnosti vykonávání preventivní údržby a provádění oprav. Udržovatelnost je definována normou ČSN IEC 50(191) jako schopnost objektu v daných podmínkách používání být udržen ve stavu nebo vrácen do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci, jestliže se údržba provádí v daných podmínkách a používají se stanovené postupy a prostředky (personál, technické informace, nářadí a přístroje, náhradní díly, dílenská infrastruktura).

Lepší udržovatelnost snižuje požadavky na servisní logistiku (snižuje pracnost a průběžné doby údržby, zvyšuje pohotovost zařízení, snižuje nároky na sortiment ND, snižuje nároky na servis aj.)



Bylo dokázáno, že údržba zařízení je kritická pro mnoho výrobních operací. Efektivní údržba prodlouží životnost zařízení, zvýší jeho dostupnost a v neposlední řadě jej udržuje v dobrém stavu. Naopak špatně udržované zařízení vest ke stále častějším chybám ve výrobě, vedoucím ke vzniku zmetků nebo výroby nízké kvality a zkracuje životnost zařízení, což v důsledku znamená častější výměny strojních částí i celých zařízení [3]. Všechny tyto nežádoucí dopady špatné údržby se pak odráží ve zpoždění výrobních plánů a ve všech případech v nárůstu nákladů.

Pro řízení servisní činnosti bylo vyvinuto několik přístupů a konceptů. Tyto přístupy nejčastěji snižují náchylnost k výpadkům, možnostem vzniku chyb a náklady na provedení servisního zásahu [6]. V současné době odborná literatura popisuje tři hlavní programy pro řízení údržby, které zahrnují reaktivní, preventivní a prediktivní přístupy. Všechny tyto přístupy např. zahrnuje systém řízení údržby TPM (Total Productive Maintenance).

Ačkoli je tato oblast v odborných kruzích poměrně dobře popsána a výhody dobře udržovaného nebo následky špatně udržovaného zařízení jsou evidentní, průzkumy bylo dokázáno, že mnoho společností stále věří, že údržba představuje pouze nutné výdaje. Druhou oblastí, která rozhodující měrou ovlivňuje náklady servisní činnosti, je servisní logistika.

2. Servisní logistika

Servisní logistika je součástí managementu údržby. Věnuje se řízení materiálových a informačních toků v procesech údržby, zejména řízení toku náhradních dílů. Úroveň servisní logistiky je pro daný výrobek dána řešením těchto otázek [11]:

- Je k dispozici dobře zaškolený a vycvičený údržbářský, diagnostický a opravářský personál?
- Je vypracovaný systém údržby, diagnostiky a oprav?
- Je vypracována technická dokumentace?
- Je k dispozici nezbytné zkušební a diagnostické zařízení?
- Je k dispozici síť servisů disponující náhradními díly a materiálem?

Řešením těchto otázek získáme také systematický náhled na celou problematiku servisní logistiky. Hlavním cílem takto orientované údržby je pak minimalizace rizik údržby. Aby bylo toho dosaženo, je nutné vhodně navrhnout a vytvořit systém údržby z organizačního hlediska, jeho plánování a řízení, dokumentace jako jsou např. postupy práce i informačního zajištění.

Servisní činnost jako proces v distribučním řetězci

Servisní činnost jako proces, tedy soubor těchto na sebe navazujících aktivit, je vždy charakterizována těmito dílčími činnostmi [11]:

- Demontáž a pomocné operace
- Kontrola a třídění demontovaných součástí
- Kompletace strojních skupin ze součástí
- Montáž strojů jako celků nebo jejich částí s operacemi obdobnými jako při montáži finálních výrobků ve výrobním procesu.



Každá z těchto základních fází je charakterizována dobou svého trvání. Rozbory časového průběhu materiálových toků náhradních dílů ukazují, že od zahájení výroby do namontování součástí do strojů, uplyne cca 6 měsíců. Přičemž výroba spotřebuje cca 2 % tohoto času, doprava cca 3% a zbytek času výrobek čeká na své uplatnění ať už z organizačních nebo jiných důvodů. Z pohledu štihlé výroby se jedná o plýtvání.

Tyto časy jsou velmi ovlivněny logistickými operacemi od příjmu a zhotovení součástí, přes její dopravu k zákazníkovi i interní manipulaci ve společnosti, kde jsou části montovány. Mezi činnostmi, kterými se servisní logistika zabývá, patří nákup a prodej nových i částečně opotřebených strojů, částí a náhradních dílů, řízení zásob a jejich vyskladnění i zaskladnění, poskytování záručního i pozáručního servisu, vykonávání diagnostiky i servisních činností, apod.

Díličího zkrácení průběžných dob servisního a výrobního procesu dosáhneme vhodným uspořádáním a organizací práce. Nicméně největší možnosti zkrácení celkové průběžné doby servisní činnosti spočívají ve vzájemném překrývání a současném vykonávání prací u jednotlivých operací.

Náhradní díly – specifikum v distribučním řetězci

Samostatným prvkem jsou náhradní díly. Jejich cena je zpravidla vyšší ve srovnání s cenou téhož dílu zabudovaného do stroje ve výrobním procesu. Cena se zároveň liší podle toho, zda jde o záruční nebo pozáruční opravu nebo o přímý prodej zákazníkovi. Chybějící náhradní díl v servisním útvaru vyvolává nežádoucí prostoje, prodlužuje průběžnou dobu opravy, blokuje servisní plochy, zvyšuje náklady na pojištění, vyvolává požadavek na mimořádné logistické opatření - expresní objednávku, dodávku apod. Většina položek náhradních dílů je skladována ve skladu výrobce nebo centrálního dealera a pouze část ekonomicky zdůvodněných položek je skladována ve skladech servisních útvarů. Rozmístění distribučních míst náhradních dílů bývá v praxi řešeno velmi pragmaticky. Orientuje se do míst s větší koncentrací zákazníků, tj. zpravidla do větších měst a jejich okolí.

Servis nikdy nemůže držet celý sortiment náhradních dílů z ekonomických důvodů. Sortiment náhradních dílů se většinou omezuje pouze na nejčastěji používané náhradní díly, neboť ty lze ekonomicky zdůvodnit. Je nesmyslné skladovat drahé díly, nebo díly s krátkou dodací lhůtou.

Logistika náhradních dílů má spíše doplňkový charakter v logistice podniku. Nicméně její význam však poslední dobou vzrůstá, neboť rychlý a kvalitní servis (včetně nabídky náhradních dílů) je pro zákazníka přidanou hodnotou a pro výrobce konkurenční výhodou. Je třeba si uvědomit, že selhání produktu (výrobního zařízení) je spojenou vždy s určitou ztrátou. Kvalitní dodavatelský servis s disponibilními náhradními díly není levnou záležitostí. I proto mnohé společnosti problematice náhradních dílů a jejich zajištění věnují stále větší pozornost.

3. Servisní logistické náklady

Lambert ve své publikaci [12] uvádí, že logistické náklady jsou vyvolávány a tvořeny činnostmi, které podporují logistický proces. Tyto náklady - tvorné procesy můžeme členit do kategorií, které reflektují konkrétní činnosti, např. náklady spojené se zákaznickým servisem,



dopravní náklady, skladovací náklady, náklady na vyřizování objednávek a informatiku, množstevní náklady a náklady na udržování zásob [11, 12].

A. Náklady spojené se zákaznickým servisem

Největším nákladem této skupiny jsou náklady spojené s nedostatečnou úrovní zákaznického servisu související se ztrátou prodejní příležitosti. Jedná se o skryté náklady, kterým často podnik nevěnuje dostatečnou pozornost. Tyto náklady zahrnují nejenom ztrátu z konkrétního prodeje, ale i potenciální ztrátu z důvodu špatného jména podniku. Některé studie uvádějí, že každý nespokojený zákazník mluví o své negativní zkušenosti v průměru s dalšími devíti zákazníky. Není proto divu, že finanční náklady vynakládané na zajištění dobré úrovně zákaznického servisu jsou rozhodující a zahrnují náklady spojené s vyřizování objednávek, zajištěním náhradních dílů a servisu, náklady spojené s vrácením zboží. Úroveň zákaznického servisu hraje v dnešní době naprosto zásadní roli v tom, zda si potenciální zákazník vybere naši firmu.

B. Dopravní náklady

Hlavní položkou této kategorie nákladů jsou náklady vynaložené přímo na přepravu. Tyto náklady lze analyzovat z mnoha pohledů, dle účelu analýzy. Nejčastější členění podle literatury jsou dle zákazníků, produktů, typů kanálů, přepraveců, apod.

C. Skladovací náklady

Skladovací náklady vznikají v procesu skladování zboží. Jsou ovlivněny výběrem místa a vhodných kapacit. Tyto náklady představují nejčastěji variabilní část nákladů, která se mění v závislosti na skladovaném objemu materiálu nebo produktu.

D. Náklady na vyřizování objednávek a informační systém

Do této kategorie zahrnuje náklady na takové činnosti jako je vyřizování objednávek, logistické komunikace a prognózování poptávky. Informační systém vyřizující objednávky představuje nesmírně důležitou a také nákladný celek. Do této kategorie spadají náklady na předávání objednávek, jejich vyřizování, zadávání do systému, zpracování a činností přímo souvisejícími s objednávkami (avizování dopravců a zákazníků o dodávce a jejím stavu) V současné době do těchto aktivit mohutně pronikly informační systémy a mnoho kroků probíhá elektronickou výměnou informací (EDI), RFID tagy, skenováním bar nebo 2D kódů.

E. Množstevní náklady

Tyto náklady jsou zařazovány pouze v procesu pořizování zboží a procesu výroby. Jsou to náklady spojené se změnami v nakupovaných množstvích, zahrnují položky jako přípravné náklady (čas potřebný pro přestavbu výrobní linky nebo na vyhledání dodavatele objednávky, materiál vyřazený z důvodu přestavení výrobní linky, náklady za sníženou efektivitu ve výrobě, kdy linka nabíhá), ztráty kapacity způsobené výpadky při výměně linky, manipulace s materiálem, plánování expedice, apod.

Na žádnou z kategorií těchto nákladů nelze pohlížet odděleně, neboť z pravidla ovlivňují a vyvolávají řadu dalších nákladů. Jako příklad lze možno uvést, klesající úroveň zákaznického servisu z důvodu pomalého plnění objednávek. Pomalé plnění objednávek je často zapříčiněno nepravidelnou výrobou v často velkých sériích, které vyžadují větší dočasné skladovací plochy. Z uvedeného příkladu je jasné, že je důležité zkoumat dopady jednoho typu nákladů na ostatní náklady a dívat se na tuto problematiku holistickým pohledem.

F. Náklady na udržování zásob



Do těchto nákladů spadají nejčastěji tyto položky řízení stavu zásob, balení zboží a všechny aktivity spojené se zpětnou logistikou (likvidace odpadů, obalů apod.). Tyto náklady obsahují řadu položek a pro rozhodování jsou relevantní pouze ty, které se mění se změnou objemu skladovaného produktu. Hlavní skupiny nákladů na udržování zásob lze uvést

- Kapitálové náklady
- Náklady vznikající z důvodu vázanosti peněz v zásobách. Jsou to v podstatě takové částky, kterých by podnik dosáhl, kdyby je investoval jiným způsobem.
- Náklady spojené se službami (pojištění a zdanění zásob)
- Náklady na skladování zásob (nejčastěji se stanovují dle tarifu na jeden metr čtvereční skladovací plochy)
- Náklady na rizika ztráty z důvodu zastarání zboží, krádeží, možných poškození z důvodu přesunů apod.

Pokud bychom se snažili procentuálně vyčíslit logistické náklady v podobných skupinách u výrobních podniků, výsledek by vypadal zhruba následovně:

- Přeprava 35%
- Vyřizování zakázek 25%
- Skladování 25%
- Vázaný kapitál v zásobách 15%

4. Štíhlá výroba

Filosofie Lean production, štíhlé výroby vychází ze základního konceptu, že všechny činnosti, které nemají za cíl tvorbu hodnoty, jsou pro zákazníka plýtváním a jako takové musejí být eliminovány. Přičemž za činnost přidávající hodnotu je považována pouze taková činnost, za kterou je zákazník ochoten zaplatit nebo fyzicky přeměňuje produkt. Všechny ostatní činnosti jsou považovány za plýtvání. Jeden z procesních inženýrů společnosti Toyota Taiichi Ohno poprvé kategorizoval všechny druhy plýtvání, které se v podniku vyskytují a nazval je sedm muda. [1, 7]. Ty se skládají z:

- Nadprodukce (výroba více než zákazník očekává, zboží pak v lepším případě putuje na sklad)
- Nadbytečných zásob
- Čekání, např. prostoje, na materiál, na techniku, na kanban karty, apod.
- Zbytečné přepravy (jak materiálu, tak hotových výrobků)
- Nevhodného zpracování (např. při sníženém výkonu stroje, vychozené lisovací formě, po které musíme produkt dodatečně opracovávat, apod.)
- Zbytečných pohybů (nadbytečné pohyby, pohyby na větší než nutnou vzdálenost apod.)
- Chyb v procesu (fyzických zmetků)

Při analýze sedmi muda zjistíte, že polovina z nich je přímo napojena na výrobní stroj nebo zařízení. Jako příklad si lze uvést chyby stroje, ztráty rychlosti, produkce zmetků, nutné pohyby navíc např. při nedostatečné standardizaci zařízení nebo vyřizování poruch stroje. Všechny tyto nadbytečné činnosti nepřidávají žádnou hodnotu výrobku, ale jsou zároveň zdroji nákladů. Údržba strojů a zařízení se proto jeví jako nutná podmínka zavádění systémů štíhlé výroby.

Využitelnost metod štíhlé výroby v servisní logistice



Při pohledu na nákladovou strukturu procesů údržby zjistíme, že její logistické zajištění představuje jednu z nejvyšších a zároveň nejčastější nákladových položek. Často se stává, že průmyslové podniky těmto oblastem nevěnují patřičnou pozornost. Tato skutečnost je dána i faktem, že v odborné literatuře je sice popsána řada obecných metod používaných pro řízení jak údržby, tak jejího logistického zajištění, avšak jen málo z nich poskytuje komplexní pohled na danou problematiku. Navíc pracovníci nemají z pravidla čas ani chuť věnovat se zdlouhavému studium odborné literatury.

Pro zlepšení procesů servisní logistiky je ovšem možné použít celou řadu metod štihlé výroby. Základem je pracovat výrobním systémem jako celkem, tj. neoddělovat jednotlivé části, ale pracovat s nimi jako s na sebe navazujícími procesy, které se dynamicky proměňují. Pro dosažení optimálního efektu je nutné zabývat se tedy výrobou součástí, její přepravou a manipulací s ní, expedicí, balením, dopravou, údržbou a servisním logistickým zajištěním.

Pro každou z uvedených oblastí existuje v rámci štihlé výroby metoda, která se na ní přesně zaměřuje. Po její patřičné implementaci dosáhneme znatelných úspor.

- Oblast výroby – Kaizen, SMED (Single Minute Exchange of Die), standardizace činností 5S, normování operací, systémy včasného zásobování (Milk Run), vizualizace, JIDOKA
- Oblast údržby – systémy řízení údržby, TPM (Total Productive Maintenance)
- Oblast logistiky a řízení toku hodnot – Kanban, TOC (Theory of Constraints), VSM (Value Stream Mapping), ILS (Integrated Logistics Support) modely řízení zásob, teorie grafů

Implementace metod štihlé výroby v servisní logistice

Implementace metod štihlé výroby se liší v závislosti na konkrétní metodě, kterou zavádíme a na cílech, které máme ambice naplnit. Vždy však platí, že zavádění každé metody je neopakovatelná činnost, kterou je vhodné, často i nutné řídit formou projektu se všemi jeho náležitostmi (akčními plány, Kaizen boardy, apod.) [9]

Při implementaci jakékoli změny (nejenom zavádění metody štihlé výroby) je nutná podpora managementu. Pokud požadavek na změnu vychází přímo od vrcholového managementu firmy, dostáváme se do ideálního stavu, neboť máme položený základ pro práci se všemi potřebnými zdroji. Obecný postup implementace je z pravidla následující.

1) Příprava

Před zahájením vlastní implementací metody je vhodné vybrat část podniku pro ukázkovou implementaci (pilotní projekt). Vytvořit tým, který je zodpovědný za vlastní průběh implementace. Ze zkušenosti implementace metod, víme, že tým je vhodné skládat jak z pracovníků externistů, kteří mají potřebné znalosti k provedení změny a zároveň z kmenových pracovníků, kteří dokáže vytvořit prostor pro úspěšnou implementaci. Samozřejmostí jsou pravidelné řídicí schůzky s top managementem firmy, se kterým stanoví směr dalšího rozvoje společnosti.

2) Diagnostická fáze



Cílem diagnostické fáze je zjistit v jakém stavu se část firmy uvažovaná k implementaci konkrétní metody nachází. Jako nástroj pro odhalování plýtvání ve výrobních procesech je vhodné použít např. VSM (Value Stream Mapping). Celá implementace metody štihlé výroby je vhodné dělit do několika na sebe navazujících fází.

3) Stanovení cílů a strategií

Na základě diagnostické fáze si utvoříme jasnou představu o tom, co je v našich cílech a čeho chceme dosáhnout implementací konkrétní metody. Představu je nutné přetvořit do mapy budoucího stavu a soustavy cílů a akčních plánů.

4) Systém evidence dat

Definovat a zavést systém pravidelného měření výkonových parametrů na výrobních linkách (produktivita, zmetkovitost, prostoje, OEE, MTBF, MTTF, karty chyb, apod). Celý systém evidence je potřeba vizualizovat přímo ve výrobě.

5) Akční fáze

V této fázi se začíná s vlastní implementací. Jako základ, na kterém lze stavět lean management je vhodné použít metody 5S. 5S jednoduše standardizuje jak pracovní činnosti, tak celé pracoviště, ako nástroj pro zamezení vzniku chyb je vhodné použít jednoduchá poka-yoke řešení. Teprve po určité standardizaci je možné začít s ostatními metodami, které cílí na ostatní oblasti jako např. zásobování a řízení hmotných i informačních toků Kanbanem. Řízení výměn a přestaveb strojů SMED-em. Aplikace preventivní nebo produktivní údržby na základě metody TPM (Total Productive Maintenance) nebo řízení logistických procesů v údržbě metodou ILS (Integrated Logistics Support). V závislosti na složitosti implementované metody je vhodné stanovit počet kroků implementační fáze. Např. pilotní implementace nového řešení a jeho verifikace a teprve následné rozšíření principů na další pracoviště.

6) Fáze zhodnocení a udržitelnosti

Všechny nastavené standardy a metody je nutné periodicky vyhodnocovat a nastavovat opatření proti zamezení vzniku neshod. Pro odhalení vzniku neshod slouží nastavená evidence dat ve výrobě. v rámci evidence jsou nejčastěji nastaveny základní metriky, které slouží jako zpětná vazba. Málo používanou a často podceňovanou částí hodnotící fáze je analýza rizik, které se vyskytly v akční fázi. Výstupy z analýzy poskytují cenné podklady pro přípravné fáze implementace dalších metod štihlé výroby.

Závěr

Na základě praktických aplikací metod průmyslového inženýrství v průmyslových podnicích se ukázalo, že metody průmyslového inženýrství, které primárně optimalizují činnosti přidávající hodnotu finálnímu produktu, přispívají k zlepšení i podpůrných činností. Zejména logistické podpory servisu.

Konkrétně aplikací TPM a zásad redukce prostojů, zbytečné přepravy i pohybů způsobené výpadky, chybného zpracování výrobků. Metoda ILS znatelně přispěla ke standardizaci logistických procesů v servise. Přínosy zavedených metodik se týkají všech druhů plýtvání.

Klíčová slova

servisní logistika, údržba, průmyslové inženýrství, logistické náklady



Tento príspevek byl vytvořen za podpory projektu č. SGS-2015-065 "Rozvoj parametrů udržitelného výrobního systému" Interní grantové agentury Západočeské univerzity v Plzni a grantového projektu č. 1/0669/13 Proaktivně krízové řízení priemyselných podnikov založené na koncepte controllingu.

Použitá literatúra

- [1] Edl, M. Kudrna, J.: Metody průmyslového inženýrství, Smart Motion, s.r.o., Plzeň, (2013), ISBN 978-80-87539-40-8
- [2] Kamaryt, T., Kleinová, J. Approaches to the Maintenance Management in Industrial Companies: Requirements and Assumptions. In *Vision 2020: Sustainable Growth, Economic Development, and Global Competitiveness*. Neuveden: International Business Information Management Association, 2014. s. 1191-1196. ISBN: 978-0-9860419-2-1
- [3] Kelly, A., (1997). Maintenance Organizations & Systems: Business-Centred Maintenance, Butterworth-Heinemann, Oxford 1997, ISBN 978-0750636032.
- [4] Miller, A., Bures, M., Šimon, M. Design and optimization of production system layout and workplace ergonomics. In *Industrial Engineering of the Future - InvEnt 2011*. Žilina: EDIS - Printing House of the University of Žilina, 2011. s. 76-79. ISBN: 978-80-554-0409-7
- [5] Miller, A., Kleinova, J., Šimon, M. Proposal for evaluating variants of inter-company transport in business networks. In *Innovation and Sustainable Economic Competitive Advantage*. Istanbul: International Business Information Management Association (IBIMA), 2012. s. 2785-2792. ISBN: 978-0-9821489-7-6
- [6] Swanson, L., (2001), Linking maintenance strategies to performance, *Int. J. Production Economics* 70, 237 – 244
- [7] Liker, J. K.: “Tak to dělá Toyota”, Management Press, Praha. ISBN: 978-80-7261-173-7. 2008.
- [8] Česká technická norma, IEC 60300-3-3 Management spolehlivosti - Část 3.3: Pokyn k použití – Analýza nákladů životního cyklu, místo neznámé : Český normalizační institut, 2005.
- [9] „<http://digipod.zcu.cz/>“, Digital factory, ZČU v Plzni, KPV, 2011, retrieved 16. 11 2015, <http://digipod.zcu.cz/index.php/cs/oblasti-nasazeni>.
- [10] EFFRA, „www.effra.eu“, <http://www.effra.eu/>, EFFRA, retrieved 17. 12 2014, <http://www.effra.eu/research-a-innovation/factories-of-the-future-2020.html>.
- [11] Legat, V., Učební text – Servisní logistika, citováno 16. 11 2015, <http://tf.czu.cz/~legat/Vyuka/VyukaSL.htm>
- [12] Lambert, Stock, Ellram, Logistika, Praha : Computer press, 2000. ISBN 80-7226-221-1.

Kontaktní adresa

Ing. Ján Kobulnický
Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta,
Katedra priemyselného inžinierstva a manažmentu,
Němcovej 32, 040 01 Košice
jan.kobulnicky@tuke.sk



Ing. Tomáš Kamaryt,
Ing. Tereza Vyskočilová
Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta Strojní,
Katedra Průmyslového inženýrství a managementu,
Univerzitní 8, 306 14, Plzeň
tkamaryt@kpv.zcu.cz, vyskocit@kpv.zcu.cz