

OPONENTNÍ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Doktorand : **Ing. Petr Kozel**
Školitel : Doc. Ing. Gejza Horváth, CSc., ZČU v Plzni, Fakulta strojní
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Oponent : Doc. Ing. Vratislav Preclík, CSc., Ústav technologie obrábění,
projektování a metrologie, ČVUT v Praze, Fakulta strojní
166 07 Praha 6, Technická 4

Název doktorské disertační práce :

Multikriteriální hodnocení kvality montážních systémů

Obor : Průmyslové inženýrství a management

Předložená doktorská disertační práce obsahuje 122 stran textu, 37 obrázků, 22 tabulek a přílohy .

Cílem disertační práce bylo vytvoření metodiky hodnocení struktury a rozložení montážních linek ve výrobě s vysokou opakovatelností, jako podstatné oblasti „výzkumu variantní architektury diskrétních výrobních systémů vyhovujících multikriteriálním podmínkám“.

Zhodnocení významu pro obor.

Zvolené téma doktorské disertační práce lze považovat za velmi aktuální, zejména ve vyšších typech výrob (velkosériové, hromadné), což potvrzuje i problematika flexibility v této oblasti, zmíněná již v úvodu práce. Správně uvádí důvody pro zaměření na výrobní (montážní) linky a multikriteriální přístup zejména po vlastních zkušenostech z řešení v rámci práce ke státní doktorské zkoušce a z realizace jeho výsledků v praxi.

Navržená nová metodika hodnocení montážních systémů, zejména montážních linek, z hlediska jejich výhodnosti v konkrétních podmínkách provozování a její ověření je nesporným přínosem práce pro obor.

Vyjádření k postupu řešení, k použitým metodám a ke splnění stanoveného cíle.

Postup řešení je systematicky zvolen od specifikace zaměření disertační práce, přes rozbor současného stavu hodnocení kvality linek, stanovení tezí a hypotéz i určení cíle práce.

Vhodně definuje rozhodné pojmy „Systém“, „Výrobní systém“ , „Výrobní linka“, „Výrobní a montážní linka“ a „Flexibilita systému“ (strojní, procesní, procesních sekvencí-možnost změny pořadí operací, rozložení strojního zařízení-layoutu, výkonu). Vzhledem k předpokládané sériovosti se autor dále zabývá předmětným uspořádáním (možnostmi, výhodami a zápory), zejména linkovým (přímá linka typ „I“) a modulárním (shluky pracovišť, semicirkulární linka „U“). Na lince „U“ definuje „Karavanový systém“ (1 pracovník, 2 pracovníci) a „Štafetový systém“ organizace práce (i kombinace).

Při zpracování vychází z metod analýzy a syntézy, aplikace systémového přístupu s využitím abstrakce (zejména při výběru ukazatelů), analogie a tvůrčího myšlení. Pro vícekriteriální hodnocení variant využívá metodu Thomase Saatyho pro porovnávání a hodnocení vah jednotlivých kritérií.

Při tvorbě nové metodiky neopomíjí moderní metody zdokonalování výrobních procesů a systémů, teorie, metodiky a nástroje systému zlepšování (VSM, TOC , 3 metriky: Througput, Inventory, Operating costs, DBR, Kaizen, BPR – Bussines Process

Reengineering, 6 Sigma, PDCA, Fishbone Diagram, AP, MZ, 8D, Spaghetti diagram použitý v práci pro měření toků materiálu a pohybu pracovníků jako vstupů pro vyhodnocování, další metody grafického zobrazování toku materiálu). Dále sleduje vazby mezi teorií, metodami a nástroji řízení v rámci MZ.

Hodnocení kvality montážního systému zakládá na schopnosti produkovat výrobky v dostatečném množství, poloze-rozložení systému a produktivitě. Správně vymezuje kritéria pro rozhodování o podobě layoutu (prostorové, procesní, kapacitní a specifické požadavky výrobku-výrobního programu a omezující podmínky) . Pro hodnocení činitelů výrobního procesu vychází za schématu man-machine-material-method a definuje poruchovost (mikroprostoje 3%), nekvalitu (procento neshodných dílů 2%), délku přestavby (modelovou změnu 10%) jako čas započítaný nad rámec CT výrobku (15% zahrnutých v cíli 85% OEE). V rámci celkového cyklu výrobku definuje CT přímý (s přidanou hodnotou), nepřímý (kontrolní a logistické časy) a ztrátové časy (chůze bez výrobku, čekání stroje či operátora, modelovou změnu, seřizování, dokládání materiálu, registrace atd.). Z tohoto pohledu pak také definuje cyklus pracovního úseku (viz obr.8 pro konkrétní pracoviště linky).

V kapitole 4.3 pojednává o moderních metodách návrhu a zlepšování výrobních a montážních linek a uvádí dva koncepční přístupy (optimalizační a inovační). Uvádí 7 fází postupu nového návrhu (projektu). Hrubý obecný postup tvorby linky (s uvažováním optimalizační metody a zpětné vazby ze simulace) shrnuje v obr. 9. Uvádí přehled metod vyvažování linek, využitelných pro tvorbu hodnocených variant .

Dále vhodným způsobem navrhuje vlastní novou metodiku hodnocení montážních systémů včetně stanovení vah kritérií a určení výsledné kvality montážního systému, platnou jak pro porovnávání variant nových linek (re-engineering), tak pro určení stupně změny při re-designu (Improvement – Kaizen Activities). Definuje multikriteriální funkci pro výpočet kvality systému a teoretické výsledky disertace včetně možností praktického využití. Celá práce je doplněna případovými studii a navrženou i realizovanou elektronickou podporou..

Stanovisko k výsledkům disertační práce a původnímu konkrétnímu přínosu disertace.

Disertant navrhl původní metodiku hodnocení s využitím nového návrhu metrik a parametrů rozdělených do následujících skupin:

- časová využitelnost linky vzhledem k její velikosti
- flexibilita
- velikosti ploch a jejich poměr
- logistika výrobního systému (přepravní výkon, rozpracovaná výroba, transportní plochy)

Původní je také metodika hodnocení jednotlivých ploch, jejíž výsledky jsou využitelné pro konkrétní uspořádání montážního systému a navržený výpočet charakteristického čísla montážního systému v matematickém vyjádření i elektronické podpoře.

Vhodně je navržena i elektronická podpora a metodický postup hodnocení (viz obr.30 str.112 a 113 „Vývojový diagram postupu hodnocení“).

Výsledky disertace odpovídají vytčenému cíli a práce má přínos nejen teoretický, ale i praktický.

Další vyjádření.

Disertační práce je ve vybrané oblasti oboru velmi dobře systematicky zpracována a uspořádána, jednotlivé části na sebe vhodně navazují, je přehledně upravena po odborné, formální i jazykové stránce. Disertant věnoval práci náležitou péči.

Vyjádření k publikacím disertanta.

V seznamu aktuálních prací uvádí disertant dvě stěžejní publikované práce (Hodnocení zlepšení výrobních linek po re-designu nebo optimalizaci v 13. ročníku MOPP 2011, ISBN 978-80-261-0060-7 a Příspěvek k hodnocení kvality montážní linky v časopise Strojírenská technologie, červen 2012, číslo 3, roč.XVII, ISSN 1211-4162), dva aktuální příspěvky na konferencích k danému tématu a dvě nepublikované práce jako podklady pro školení (Implementation of KAIZEN activities in Showa Aluminium Czech, Bankog listopad 2004 a Zásady používání Ishikawova diagramu při řešení zvyšování produktivity montážních linek, Key Plastics Janovice). Disertant prokázal, že je schopen vhodně publikovat výsledky své práce.

Závěrečné vyjádření oponenta.

Disertační práce z hlediska významu pro obor, vhodnému postupu řešení a použitým metodám i prokazatelným výsledkům práce splňuje všechny předpoklady, které jsou na disertační práci kladeny. Má původní konkrétní přínos i praktické použití.

Disertační práci Ing. Petra Kozla doporučuji k obhajobě.



V Praze 11.1. 2013

Doc.Ing. Vratislav Preclík, CSc.

Oponentní posudek doktorské disertační práce

Autor práce: **Ing. Petr Kozel**
Téma práce: **Multikriteriální hodnocení kvality montážních systémů**
Studijní obor: Průmyslové inženýrství a management
Pracoviště: Západočeská univerza v Plzni, Fakulta strojní, Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Oponentní posudek je zpracován v souladu se Studijním a zkušebním řádem Západočeské univerzity v Plzni.

a) Zhodnocení významu disertace pro obor

V současné době mají téměř všechny podnikatelské subjekty, působící v oblastech s kombinací výrobních a montážních linek s dlouhodobější existencí projektů, s odběratelem dohody a smlouvy o každoročním snižování ceny produktu o určitý počet procent.

Ostatní výrobní činitele, jako je cena materiálu, mzdy pracovníků, a například spotřeba energií naopak každoročně prokazují nárůst ceny za jednotku. Tím se ovšem dostáváme do stavu, kdy je trvale nutné hledat veškeré možné úspory v rámci výrobního procesu a celého výrobního systému a dosahovat tím zvyšování efektivity jednotlivých projektů (linek) a celého výrobního systému.

Práci považují tedy za vysoce aktuální a nesoucí nové komplexní a významné pohledy na hodnocení kvality montážních systémů.

b) Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění stanoveného cíle

Postup práce je v logických krocích s jasně definovaným postupem nalezení problému, definování cílů, analýzy současného stavu s hledáním variant řešení a následným sestavením vlastní metodiky. Jako velmi podstatné je zde jasné určení vědeckých metod, které byly použity a za jakým účelem. Autor u každé z metod popisuje, jakým způsobem a k čemu (tedy lze přesně určit i v jaké fázi řešení a disertační práce) byla tato metoda použita

Realizovaný postup řešení zde považují jako odpovídající požadavkům disertační práce a vedoucí jednak k důslednému ověření stanovených hypotéz a k dosažení a naplnění stanovených cílů.

c) Stanovisko k výsledkům disertační práce a původního konkrétního přínosu předkladatele disertační práce

Výsledky práce považují za velmi dobře stanovené s cílem dosáhnout metriky pro hodnocení linek, která bude v praxi reálně použitelná a bude mít pro realizátora v případě nasazení evidentní efekty. Po stránce zvolených přístupů a metod považují práci za dobře odborně propracovanou, se správně zvolenými metodami řešení při zohlednění veškerých aspektů hodnocení linek.

Výsledky práce jsou přehledné s evidentním, a autorem prokázaným, přínosem jak pro oblast aplikační, tak pro oblast výzkumnou. V první části práce autor ověřil hypotézy o srovnání dvou základních typů uspořádání linek a poskytl tak i pohled odborníka z praxe na význam designu prostorového uspořádání výrobního systému. V druhé části pak dle stanovených cílů navrhl komplexní metodiku pro hodnocení linek. Zde si nejvíce cením komplexního přehledu všech

parametrů linek, které jsou relevantní pro hodnocení jejich výkonnosti, následného multikriteriálního váženého komplexního hodnocení formou kritériální funkce.

Otázka: „Jak a kde vidí autor možnost potenciální pokračování na dané problematice hodnocení efektivity výrobních systémů?“

d) Vyjádření k systematičnosti, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce

Práce je složena z 10 obsahových kapitol o celkovém rozsahu 122 stran a přibližně 14 stran administrativních částí a příloh. Jako velice pozitivní chápu fakt, že autor stanovuje cíle disertační práce hned v první kapitole a celá další práce o rozsahu 120 stran a dalších příloh je dílem autora. Vynechal zde již teoretické analýzy a pojednání o nutnosti řešení daného tématu, které bylo obsahem práce ke státní doktorské zkoušce, a věnoval se pouze dosažení vytyčeného cíle a ověření v úvodu stanovených hypotéz.

V kapitole třetí se autor plně věnuje porovnávání jednotlivých možností uspořádání výrobních linek, porovnává je po vybraných parametrech a ověřuje a prokazuje tím první hypotézy své práce.

V dalších kapitolách se autor zaměřil na tvorbu multikriteriálního hodnocení linek, kdy správně postupuje od vydefinování všech činitelů působících a ovlivňujících linku, jako jednu část výrobního systému. Následně na to souhrnně definuje veškeré metriky, které se dnes používají (respektive jsou známé a použitelné) pro lokální hodnocení linek. V posledních dvou kapitolách autor navrhuje metodiku pro multikriteriální hodnocení linek a ověřuje ji.

Formální úprava je téměř bez chyb, s kvalitním zpracováním obrázků, grafů a tabulek. Jedinou drobností, kterou bych mohl autorovi vytknout, je až přílišná snaha o dodržení citačních prvků, kdy, např. na str. 11, jsou v jedné větě až tři odkazy na použitou literaturu. To se domnívám, že je již vlastní práce inspirovaná jinými autory, což bych označoval indexem a komentářem v zápatí.

e) Vyjádření k publikacím studenta

Publikace autora považuji v uvedeném počtu za standardní publikační aktivitu studenta doktorského studia v kombinované formě.

V celkovém počtu lze shrnout, že se jedná o malé množství publikovaných prací. To lze přisuzovat tomu, že autor začal publikovat danou metodiku až po té, co dosáhl určitých výsledků vlastní práce, stanovil kritériální funkci a danou metodiku ověřil na konkrétních pracovištích – linkách. U publikací je také vidět vzestupný trend v čase, kdy v roce 2004 publikoval pouze v interních materiálech společnosti, v roce 2011 publikoval na konferenci v České republice a v roce 2012 publikoval již v periodiku, které je zařazeno mezi recenzované časopisy. Tedy mezi časopisy, které jsou hodnoceny jako výstup výzkumné činnosti.

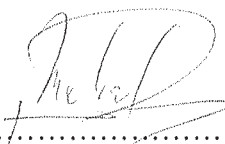
Z uvedených důvodů by bylo vhodné, a bylo by to pro předloženou práci zadostiučinění, aby autor výsledky své práce dále publikoval a zaměřil se na renomované časopisy. Domnívám se, že výsledky jsou natolik kvalitní a významné, že by příspěvky mohly uspět a být publikovány i v těchto periodikách.

f) Jednoznačné vyjádření oponenta, zda doporučuje či nedoporučuje disertační práci k obhajobě

Disertační práci doporučuji k obhajobě a považuji tuto práci za jednu z nejlepších, která byla v dané problematice řízení výrobních systémů za poslední dobu vytvořena.

Vypracoval: doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
Katedra průmyslového inženýrství a managementu
Západočeská univerzita v Plzni
Univerzitní 22, 306 14 Plzeň

Dne: 16.1.2013


.....
podpis



Oponentní posudek

Disertační práce Ing. Petra Kozla na téma:

Multikriteriální hodnocení kvality montážních systémů

Předložená disertační práce o celkovém rozsahu 122 stran textu, 37 obrázků, 22 tabulek a 2 příloh a je zaměřena na aktuální problematiku vyvolanou zvýšenými požadavky na kvalitu a efektivnost montážních procesů tj. na optimální využití všech zdrojů jak v přípravě výroby, (TPV) tak ve výrobě samotné. Disertační práce je rozdělena¹⁵ 10 kapitol, které na sebe logicky navazují a postupně seznamují s problematikou dané úlohy.

Na základě rozboru současné situace v oblasti montážních procesů byl cíl disertační práce zaměřen na „Multikriteriální hodnocení kvality montážních systémů“ a to zejména na montážní linky „jednouúčelové“ určené pro tvarově, rozměrově a technologicky podobné výrobky (sériová a hromadná výroba), kde nedochází k zásadním technologickým změnám s přechodem na jiný, ale podobný výrobek.

Cíl disertační práce byl v podstatě definován na str. 4 a to následovně:

1. Navrhnout a zobecnit metodiku, která umožní vyhodnotit variantní návrhy montážního systému na základě multikriteriálních požadavků, které byly formulovány na str. 4 a zohledňují požadavky výrobce i zákazníka
2. Řešit problematiku zlepšení (např. racionalizací, modernizací ?) montážního systému pomocí moderních metod (Lean Production)
3. Ověřit na konkrétních případech z praxe navrhovanou metodiku

Po prostudování předložené práce je možné konstatovat, že předem stanovené cíle byly v podstatě splněny.

1. Zhodnocení významu pro obor

Přínosem předložené práce je podrobná studie teoretických a aplikačních možností, která byla výchozím podkladem pro návrh multikriteriálního hodnocení montážních systémů, které umožní výrazně zvýšit kvalitu práce nejen v útvarech TPV, ale také zvýšit kvalitu provozu projektovaných montážních systémů. Oceňuji nejen nové teoretické poznatky pro navrhování montážních linek (uvedené v přehledu v kap.7), ale zejména praktické ověření navrhované metodiky včetně možnosti využití výpočetní techniky pomocí běžně užívaného softwaru Microsoft Office Excel 2010 – rámcový postup zpracování projektu montážního systému je uveden na Obr. 30 str. 112 a 113.

2. Postup řešení a použité metody pro splnění stanoveného cíle

V úvodní části disertační práce (Kap. 1) jsou definovány základní pojmy a ukazatele pro řešení dané úlohy, které nejsou však 100% shodné s všeobecně používanou terminologií v ČR. Doporučuji proto

pro širší využití metodiky sjednocení terminologie (pojmů) např. Doba cyklu CT = Rytmus R_M včetně jednotek tj. min/ks, s/ks, místo výkon linky = výrobnost linky Q_V , Podlažní plocha = Montážní plocha, Layout určuje postup montáže nikoliv prioritně plochu montáže v m^2 atd.

V kap. 2 jsou vcelku podrobně zpracovány vhodné metody, které lze využít při řešení dané úlohy, včetně stručného zhodnocení jejich užití v navrhované metodice. Řešená úloha je poměrně složitá a bylo nutné při jejím zpracování využít řady obecných i specifických metod. (analýza, syntéza, abstrakce apod.) V experimentálním ověření byly zjišťovány nejen nové teoretické přínosy navrhované metodiky, ale také její aplikovatelnost a využitelnost v praktických podmínkách např. KP Janovice, s.r.o., OLHO Löhne - GmbH. Germany.

Kap.3 je věnována obecným charakteristikám definicím a pojmům z oblasti technologického projektování. Rozboru jsou podrobeny dva typy montážních linek využívaných zejména v seriové nebo hromadné výrobě. Podle dosavadních informací je v této oblasti pouze cca 5% plně automatizovaných a cca 25% pouze mechanizovaných. Malý podíl mechanizace a automatizace je především ovlivněn nízkou seriovostí, ale také komplikovaným konstrukčním řešením. Tato kritéria nejsou v navrhované metodice odpovídajícím způsobem zdůrazněna. Rovněž je nutné zdůraznit zásadní vliv rytmu montáže (nebo taktu montáže) pro výchozí variantu návrhu montážní linky, včetně časové vyváženosti jednotlivých montážních operací resp. jejich vliv na stanovení mezioperačních zásob. Příklady na Obr. 3 a 4 nejsou plně akceptovatelné pro praktické užití. Možnost pracovat na více montážních místech je u obou typů linek možná. Je to dáno vhodným uplatněním forem práce, které jsou určeny dělbou práce, Job Enlargement nebo Job Rotation.

V Kap. 4, 5 a 6 je uveden přehled činitelů a metrik, které jsou používány při projektování montážních systémů. Kvalita montážního systému není pouze daná schopností produkovat dostatečné množství tj. v podstatě produktivitou, rozložením montážního systému, ale také např. podmínkami ergonomie práce a pod. Rovněž kritéria pro určení layoutu bude nutné uvažovat v jiném pořadí než jsou uvedena – na str.23 např. poř.3 je výchozí, pořadí 1 a 2 je možné spojit a přeřadit na 2 místo a pod. Na str. 24 z 10 podmínek pro prostorové řešení montážního systému (dále MS) se některá kritéria překrývají např. 2,8 a 9. V této kapitole je několik otázek, které je možné v budoucnosti při inovaci této metodiky prohloubit např. rozdělení montážních linek do dílčích úseků v závislosti na kolísání výrobnosti s ohledem na „spolehlivost a složitost“ montážních celků.

Některé úvahy uvedené v disertační práci bude nutné ještě zvážit např. :

- Je správné v produktivitě práce operátora započítat také zmetky ?
- Není vhodnost fyzické kondice “ muž – žena “ dostatečně řešena v ergonomii ?
- Čím více směn, tím méně pracovníků?.....
- Není možné stanovit skutečnou výrobnost linky Q_{VS} na základě předpokládaného %zmetků ? např. podle $Q_{VS} = 60 / (T_M) \sum (1 - q_i)$

- Na str.35 jsou za „ztrátové časy“ považovány v podstatě „časy vedlejší“, které musíme minimalizovat, ale jsou nezbytné pro realizaci montážních činností v MS! Lean Production viz „plýtvání“ a „ztráty“ str.60 Toyota !!
- Na Obr. 8 str.37 je úvaha kdy končí cyklus správná ? Může operátor pokračovat v práci než skončí činnost 8 a 13 ?
- Ukázky na Obr. 10 a 11 jsou jasné, není však řečeno jaké dokumenty k tomuto rozhodování jsou nutné!(montážní postup a montážní schéma)
- Je možné aby shodnost „nákladů“ stanovila objem prací v operaci ?
- Jak byl stanoven koeficient nákladů v tab. 1 ?
- Rychlost montážního pasu lze regulovat podle např. viz křivky kolísání pracovního výkonu během směny i dne – ergonomie !
- Obr. 18 str. 63 chybí pro výklad přesnější legenda !
- Z příkladu na Obr. 19 se ukazuje, že variantní počet pracovníků sníží vedlejší časy, ale bude vyžadovat větší pozornost pro stanovení technicko – organizačních podmínek, aby nedošlo ke snížení produktivity a zvýšení mzdových nákladů!
- Pro rozdělení ploch pro montážní linky bude vhodné sjednotit terminologii ! str 72
- Přepravní výkon P_v je dán součinem intenzity přepravy (množství/čas) a vzdálenosti (m,km), ale u montážních linek bude dán patrně způsobem zásobování jednotlivých montážních míst !
- Obr. 28 není jasný způsob zásobování . Každý díl se přepravuje samostatně ?
- Co ovlivní velikost mezioperační zásoby ve vztahu k minimalizaci rozpracované výroby ?

Přes uvedené připomínky je práce vypracovaná přehledně a je bohatě doplněna ilustrativními schématy a praktickými příklady.

3. Poznámky k prostudované odborné literatuře a publikační činnosti disertanta

Množství a témata prostudované odborné literatury (celkem 56 titulů včetně internetových zdrojů) vypovídají o širokém odborném přehledu disertanta v oblasti technologického projektování. Nízká je však jeho publikační činnost. Domnívám se, že výsledky disertační práce včetně jejich ověření v praxi bude zajímavé zejména pro pracovníky v útvarech TPV. Doporučuji proto výsledky disertační práce k publikaci.

Závěr

Téma disertační práce je velmi aktuální. Disertant ve své práci analyzuje postup zpracování problematiky technologického projektu montážního systému s využitím řady moderních metod s ohledem komplexní a systémový multikriteriální přístup konečného hodnocení. Využívá při zpracování svých bohatých zkušeností jeho působení manažerských funkcí vedoucího pracovníka strojírenského závodu.

Hlavní přínos práce je jak v teoretických, tak praktických poznatcích pro rozvoj technologického projektování montážních procesů. Práce může být dobrým podkladem pro další zkvalitnění práce v této oblasti.

Pro obhajobu DP předkládám k diskusi následující otázky:

- Vliv dekompozice výrobků do montážních řádů na kvalitu a efektivnost projektu ?
- Do jaké míry je k dispozici databáze trvalých vstupních dat pro realizaci jednotlivých etap zpracování projektu ?
- Jaké přínosy má vícekritériální řešení daných úloh proti stávající metodice ? (čas, náklady a přínosy ?)

Závěrem lze konstatovat, že disertant prokázal odpovídající znalosti v daném oboru, ovládá vědecké metody práce, které vhodně doplnil svými zkušenostmi z dosavadní praxe ve strojírenském závodě a splňuje tak podmínky stanovené zákonem č. 111/1998 Sb. § 47.

Předloženou disertační práci **doporučuji k obhajobě a po úspěšné obhajobě**

doporučuji udělit Ing. Petru Kozlovi **akademickou hodnost PhD.**

V Praze 15. 01. 2013


prof. Ing. Antonín Zelenka, CSc.