

Simulace automatizovaných výrobních linek převodových hřídelí se zohledněním manuálních činností

Jiří Hloska, Jiří Štoček

Mnoho výrobních procesů v automobilovém průmyslu je automatizovaných – příkladem může být pohyb svařovacích robotů vykonávaný podle naprogramovaných algoritmů nebo posloupnost procesů na montážních linkách řízená programovatelnými logickými automaty na základě signálů snímačů iniciovaných pohybem zástavbových dílů mezi definovanými pozicemi na dopravníkových drahách. Přesto má na technicko-ekonomické parametry výrobních procesů (nejen) v automobilovém průmyslu vliv také způsob manuální obsluhy technologických zařízení, vnitropodnikový tok materiálu (zčásti též ovlivněný odpovědným personálem), způsob dispečerského řízení (řazení zakázek v jednotlivých fázích výrobního procesu) a další činnosti pracovníků, které ze své podstaty vykazují vysokou míru náhodnosti. Návrh či úprava výrobních systémů kombinujících automatizační techniku a velký podíl lidské práce (což je pro automobilový průmysl typické) jsou tak náročnými úlohami. I zde je však možné a výhodné využít moderní nástroje pro podporu plánování, mezi které patří diskrétní simulace materiálového toku. Tento článek popisuje simulační studii provedenou oddělením Simulace v plánování výroby společnosti Škoda Auto, a. s., jejímž cílem bylo posoudit dopad propojení technologických zařízení zajišťujících výrobu převodových hřídelí dopravníkové techniky. Diskutovaný simulační model byl vytvořen v souladu s evropskými standardy pro diskrétní simulace v automobilovém průmyslu vydávanými pracovní skupinou Verband der Automobilindustrie (dále jen VDA). Díky použité knihovně VDA Powertrain bylo možné v simulačním modelu detailně ověřit projektované varianty manuální obsluhy technologických stanovišť na výrobních linkách. Pomocí simulačních experimentů byla nalezena vyhovující varianta dopravníkového propojení výrobních zařízení a pro tuto variantu nejvhodnější způsob organizace manuálních činností nutných v průběhu výrobního procesu.

1. Úvod

Využití diskrétních simulací v automobilovém průmyslu pro účely ověření plánovaných výrobních systémů je v současné době již běžnou praxí. Simulační nástroje jsou využívány v různých fázích projektů plánování či řízení výroby a s ní spojených procesů (logistika zásobování, určení výrobní sekvence atd.) [1]. Podle toho, zda je modelován a následně simulován plánovaný nebo již existující reálný systém, je možné rozlišit simulaci pro podporu projektování a simulaci pro podporu výroby. V rámci projektování jsou častými otázkami určení výrobní a distribuční strategie, volba vhodného logistického konceptu, dimenzování zásob (materiálu a rozpracované výroby), určení různých výrobních strategií v závislosti na poptávce zákazníků apod. V případě již probíhající výroby je v důsledku dynamiky vnějšího ekonomického prostředí firmy častou úlohou provádění operativních změn, jako jsou úprava logiky řízení (snímačů a akčních prvků) manipulačních zařízení, vizualizace procesů ve 3D a další [2]. Rozdělení projektů plánování a řízení výroby na jednotlivé fáze s přiřazením typických simulačních úloh je znázorněno na obr. 1.

Právě v automobilovém průmyslu vznikla iniciativa standardizace správy simulačních modelů a jednotného provádění simulačních experimentů s těmito modely. V rámci Evropy je v tomto ohledu určující činnost pra-

covní skupiny simulace procesů VDA (VDA Arbeitsgruppe Ablaufsimulation), která si klade za cíl standardizovat metody, rozhraní a softwarové nástroje pro diskrétní simulace. Pracovní skupina VDA vznikla v roce 2005 a dnes sdružuje přední automobilové výrobce a další firmy, které aktivně v rámci svých oddělení nástroje diskrétní simulace využívají nebo vyvíjejí [3]. Jednou z důležitých směrnic upravujících simulace materiálového toku, logistických a výrobních systémů je tzv. VDI-Richtlinie 3633 [4].

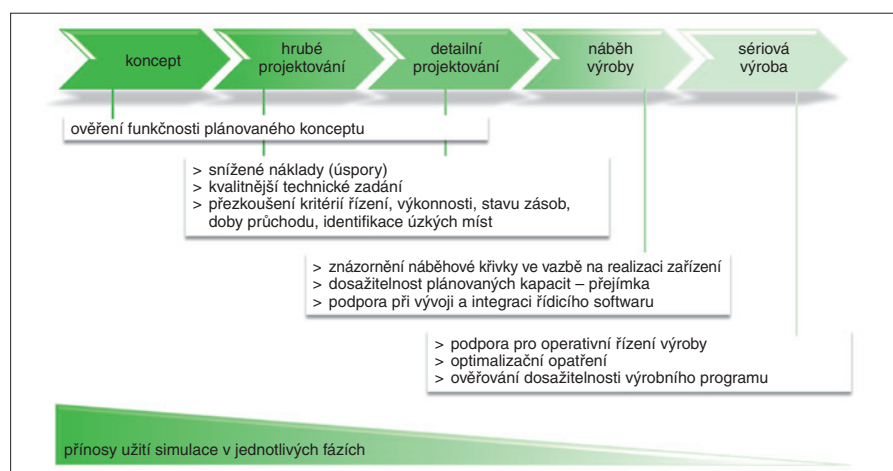
Pracovní skupina simulace procesů VDA vyvíjí knihovny prvků pro softwarové nástro-

je, které usnadňují tvorbu simulačních modelů. V průběhu let vznikly pro specifické obory vlastní knihovny – např. VDA Logistics pro simulace logistických konceptů (která mj. umožňuje přebírat data ze softwaru Malaga pro plánování logistických strategií) nebo VDA Warehouse pro modelování skladovacích procesů, resp. transportních procesů se zohledněním rozmištění zdrojů a cílů, plánu cest a řízení toku materiálu [5]. V souvislosti se simulací výrobní a manipulační techniky jsou velmi často používány knihovny obsahující procesně a rozměrově orientované prvky [6]. Tak lze simulovat procesy robotických pracovišť, dopravníkové techniky apod.

Projekt, který je předmětem tohoto článku, se týkal výrobní linky závodu Škoda Auto ve Vrchlabí, na které jsou zpracovávány hřídele v rámci výroby převodových ústrojí. Z pohledu uvedeného rozdělení zpočátku šlo o ověření funkčnosti plánovaného konceptu a výstupů hrubého projektování. Avšak v další fázi zprovoznění linky po implementaci doporučených úprav bylo třeba ověřit také různé varianty řízení výroby a provést mnoho s tím souvisejících simulačních experimentů.

2. Zadání a cíle simulační studie

Předmětem simulační studie byly dvě projektované linky (TW1 a TW2) pro obrábění převodových hřídelí. Plán předpokládal zřetězení technologických operací frézování ozubení, rovnání a čištění (shodných pro obě linky) pomocí dopravníkového systému. Oproti výchozímu stavu, kdy dodávka polotovarů k jednotlivým strojům a pohyb rozpracované výroby mezi stroji probíhaly ručně, měly



Obr. 1. Fáze projektů plánování a řízení výroby a typické využití diskrétních simulací [2]

v plánovaném stavu pohyb materiálu mezi technologickými operacemi zajišťovat manipulační prostředky (dále označované jako paletky) nesoucí vždy jeden polotovar. Tyto paletky měly obíhat po dopravníkovém okruhu příslušné linky. Cílem tedy bylo omezení nutných manipulačních pohybů s tím, že uvolněné kapacity budou moci být využity pro efek-

vstupní proměnné počet pracovníků obsluhujících stroje a stanoviště linek TW1 a TW2, varianty jejich rozdělení do prostorových zón působení (zahrnujících tyto stroje a stanoviště), způsob iniciace nakládky polotovarů do (fronty) paletek před příslušným senzorem automaticky zastavujícím prázdné paletky, resp. iniciace vykládky hřídelí z (fronty) pa-

letořadu v době realizace studie samostatně stojících výrobních zařízení, konzultacemi s technologi a projektanty přímo ve výrobě a také z naměřit provedených přímo na místě přípravovaných úprav (ve výrobní hale).

Stochastickou povahu vykazovaly v simulaci zohledněné možné technické prostoje výrobních zařízení a pravděpodobnost neshodného dílu (obrobku zhotoveného na daném zařízení). Při zahrnutí jakéhokoliv náhodného jevu do procesu, jehož parametry mají být posouzeny, je efektivním přístupem k řešení využití nástrojů počítačové simulace. V tomto případě byla dalším důvodem pro vytvoření simulačních modelů velká složitost testovaného systému. Z důvodu možného souběhu několika specifických stavů v jednotlivých úsecích výrobních linek (hypotetický, avšak možný příklad: prostoj frézky vyžadující zásah obsluhy a současný požadavek na vyložení již obrobek hřídelí z paletky a současná blokáce paletky s polotovary před válcovací stanicí z důvodu čekání na výměnu nástroje prováděnou obsluhou) není možné dopady těchto stavů na sledované výstupní veličiny vyhodnotit analyticky.

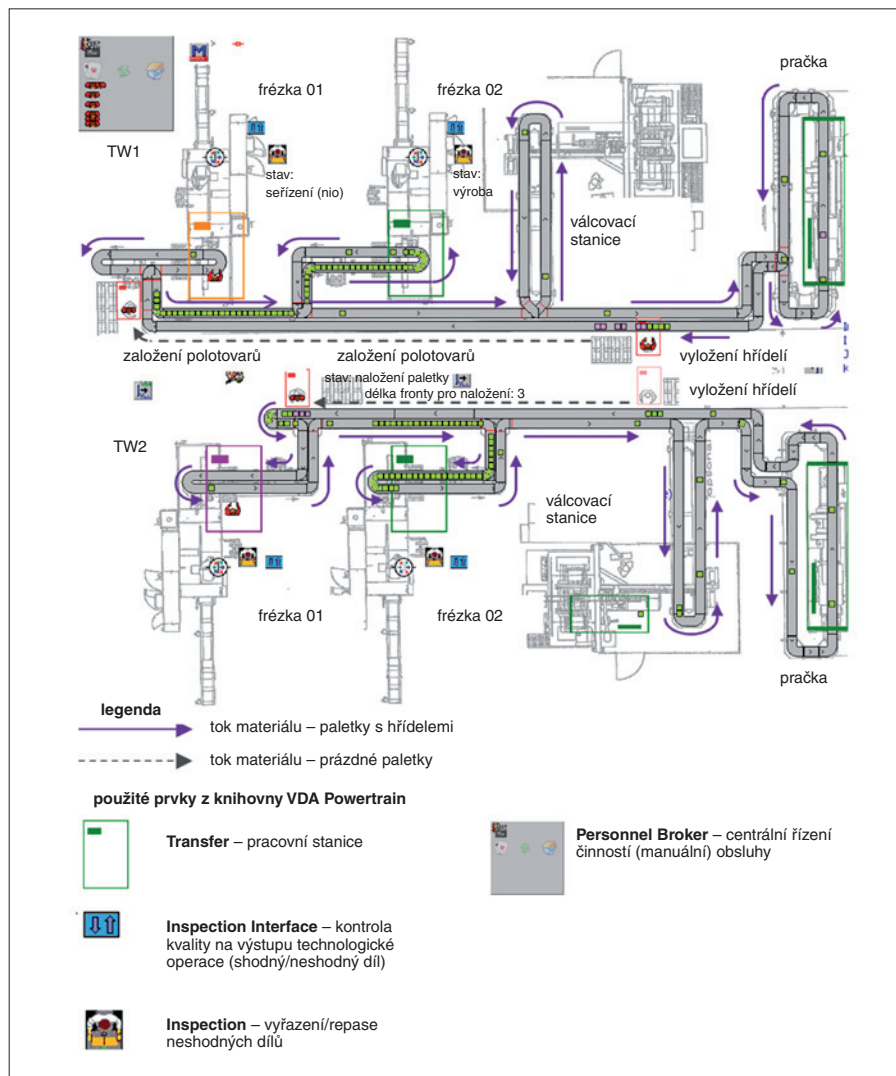
Sledovanými výstupními veličinami byla průměrná (dlouhodobě sledovaná) denní produkce (počet obrobek hřídelí) dosažená na linkách TW1 a TW2 a dále z důvodu kontroly vlivu možného nepříznivého souběhu několika různých náhodných jevů také minimální denní produkce zaznamenaná na linkách TW1 a TW2 v průběhu (dostatečně dlouhého) simulovaného období. Kromě toho byla v rámci validace (tzv. *face validation* [7]) pro všechny zvažované varianty zřetězení ověřena plynulost toku materiálu (pohybu paletky po dopravníkových okruzích linek), které bylo postupně dosaženo implementací protikolizních opatření do logiky řízení toku materiálu navržené v simulačním modelu. U několika variant zřetězení linek tak bylo až díky simulačnímu modelu odhaleno možné riziko blokáce toku materiálu.

3. Simulační model a standard VDA Powertrain

Složitost problematiky, která byla dána nutností zohlednit mnoho uvedených faktorů, vedla při volbě způsobu realizace simulační studie k rozhodnutí pro standard VDA Powertrain. Jde o speciální knihovnu prvků pro simulační software Plant Simulation, která je primárně určena pro simulaci procesů v motorárnách a podobných provozech, kde jsou montovány komponenty. Využití knihovny VDA Powertrain mimo to podstatně usnadňuje tvorbu simulačního modelu jakéhokoliv provozu, ve kterém je třeba zohlednit manuální procesy.

Pro uvedené případy možných simulovaných procesů jsou typické tyto atributy [8]:

- velká variabilita produktu podmiňující hodnoty ostatních procesně orientovaných charakteristik výroby,



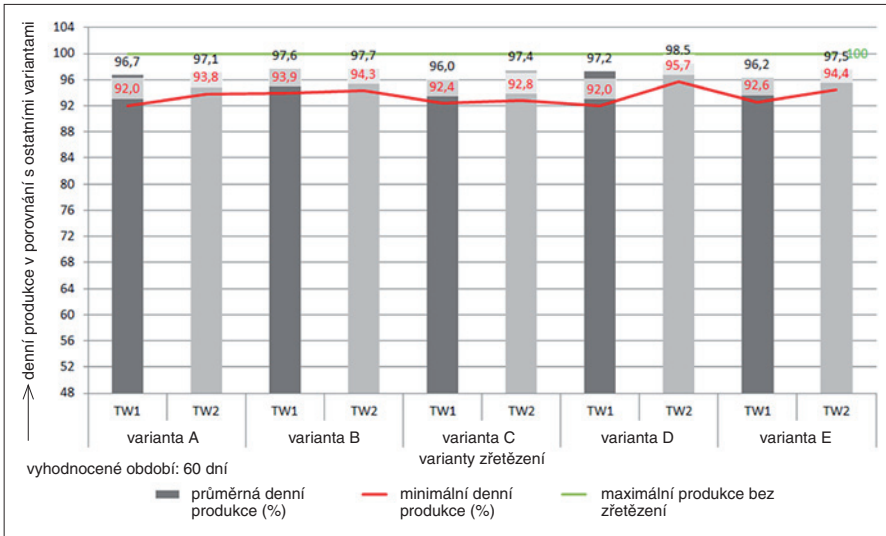
Obr. 2. Testované varianty zřetězení technologických operací – simulační model

tivnější řešení nutných (manuálních) zásahů u jednotlivých strojů a stanovišť. Naproti tomu zvažované zřetězení dopravníkovým systémem zahrnovalo místa křížení materiálového toku. Dílčím cílem simulace tedy bylo navržení logiky automatického řízení toku materiálu tak, aby nedocházelo k vzájemným blokáci paletky pohybujících se po dopravníkových okruzích linek. Celkem bylo posouzeno pět variant zřetězení. Jedna z variant je spolu s vyznačenými technologickými operacemi, stanicí nakládání polotovarů do paletky a vyložení hřídelí z paletky uvedena na obr. 2.

Kromě způsobu zřetězení technologických operací, tedy uspořádání dopravníkové techniky, byly dalšími faktory uvažovanými ve vytvořených simulačních modelech jako

letořadu před příslušným snímačem zastavujícím paletky s obrobek hřídelemi. Dalším vstupním parametrem byl plánovaný výrobní program, který určoval četnost střídání typů obráběných hřídelí, a tím i četnost přeseřezání frézky linek při zvažování alternativ iniciace produkce nové výrobní dávky.

Většina vstupních parametrů byla deterministické povahy – pracovní taktu technologických operací, čas docházky obsluhy k jednotlivým strojům a stanovišťům, preference jednotlivých úkonů určující posloupnost jejich vykonání pracovníkem v případě současného nastoupení několika úloh či odvolávek, rychlost dopravníků v jednotlivých úsecích zřetězených linek atd. Hodnoty těchto parametrů bylo možné získat na základě výstupů řídicí-



Obr. 3. Porovnání variant zřetězení automaticky obsluhovaných linek z hlediska denní produkce

- stochasticky či deterministicky (např. periodicky) probíhající kontroly kvality včetně strategií pro repasování neshodných dílů,
- stochasticky či deterministicky (např. periodicky) probíhající přerušení výroby, např. vlivem výměny nástroje či jiné události,
- několikanásobný průchod dílů určitými pracovišti a trasování toku materiálu k dalšímu pracovišti na základě výstupů z předchozí operace,
- podstatný podíl manuálně vykonávaných procesů s rozlišením (pro jednotlivé pracovní směny) kvalifikace pracovníků (kompetence pracovních skupin), dob na přemístění mezi stanovišti, s přiřazením priorit (pořadí řešení) jednotlivým činnostem, se zohledněním případné nutnosti spolupráce (výpomoci) s více pracovníky (mistry) apod.

Knihovna VDA Powertrain navíc umožňuje centralizovat jinak náročnou parametrizaci simulačního modelu a obsahuje již automatické rutiny pro správu a statistické zpracování sledovaných výstupních veličin. Bez nutnosti programování je tak možné sledovat např. vytížení strojních zařízení nebo také (skupin) pracovníků a jejich alokaci ke stanoveným pracovním pozicím.

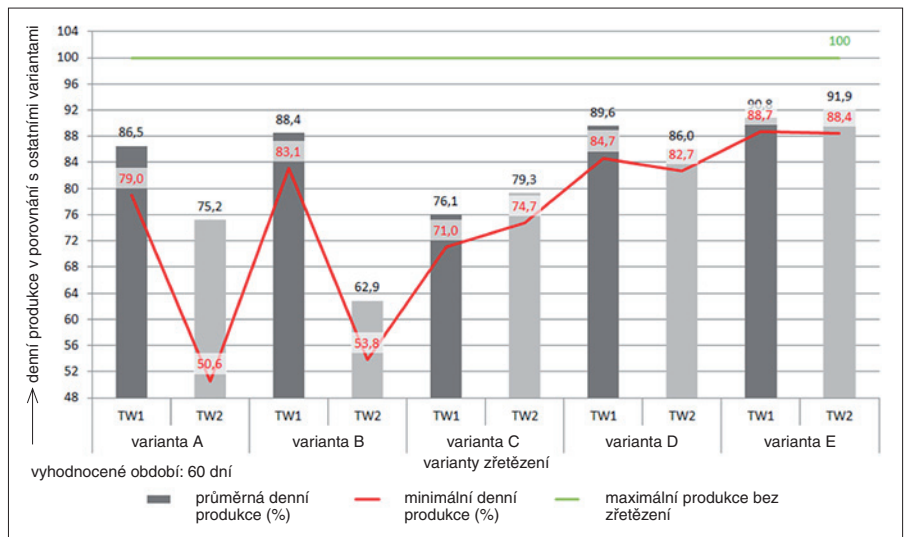
4. Simulační experimenty a jejich zpracování

Vytvořené simulační modely tedy zohledňovaly stochastické jevy, kterými byly možné technické prostoje výrobní technologie a jistá pravděpodobnost obrobení neshodného dílu (což ovlivnilo tok materiálu – paletka s neshodným dílem musí být namísto standardního přesunu k následujícímu technologickému zařízení dopravena znovu ke stejné operaci, což lze zajistit osazením dopravníkové dráhy výhybkami a snímači identifikujícími díl na paletce). Pro zohlednění možných (nepříznivých) vzájemných efektů vyplývajících z již zmíněného potenciálního souběhu několika specifických stavů v jednotlivých úsecích výrobních linek byly experimenty provede-

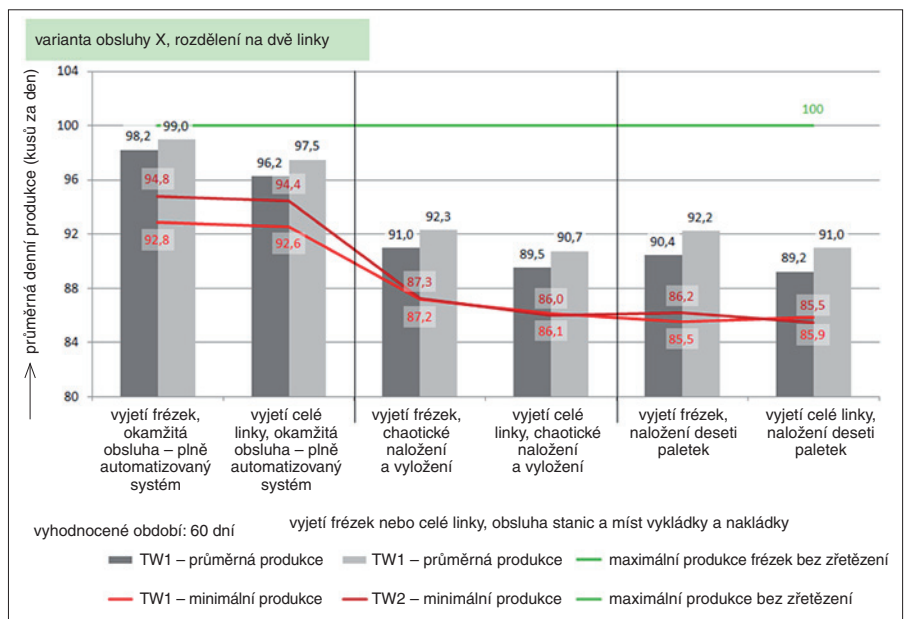
ny pro dostatečně dlouhé simulované období. „Dostatečně dlouhé“ období předpokládá mnohonásobné nastoupení jevu s nejmenší četností, který je v rámci definice vstupních dat v simulačním modelu brán v potaz. Jevem s nejmenší frekvencí byla výměna nástroje na válcovací stanici probíhající vždy po určitém počtu (v řádu statisíců kusů) zpracovaných dílů. Ještě řidší jevy do simulace obvykle zahrnovány nejsou, neboť nezohledňují běžný průběh procesu, nýbrž odpovídají nepředpokládaným výjimečným situacím.

V rámci simulačních experimentů byly prováděny tyto testy s cílem porovnání jednotlivých variant zřetězení, resp. porovnání s původním stavem (samostatných technologických operací):

- určení úzkého místa a porovnání průměrné (dlouhodobé) denní produkce s příslušnou variantou zřetězení technologických ope-



Obr. 4. Porovnání variant zřetězení manuálně obsluhovaných linek z hlediska denní produkce



Obr. 5. Porovnání alternativ uvolnění vjezdu paletek do technologického okruhu a obsluhy založení polotovarů a vyložení hřidel z paletek

rací za předpokladu automatické obsluhy všech procesů na lince,

- porovnání všech variant zřetězení technologických operací za předpokladu automatické obsluhy všech procesů na lince,
- porovnání všech variant zřetězení technologických operací za předpokladu manuálních zásahů u technologických zařízení a míst naložení a vyložení palet na linkách,
- porovnání několika variant (strategií) manuální obsluhy u vybrané varianty zřetězení technologických pracovišť.

Tímto iterativním způsobem byl zjištěn vliv samotného zřetězení technologických zařízení linky dopravníkovým systémem na sledované výstupní veličiny. Dále byl zjištěn nejvhodnější způsob uspořádání linek v (teoretickém) případě, kdy by všechny procesy a zásahy u strojů a míst pro naložení polotovarů a vyložení hřídel z palet probíhaly automaticky (bez manuální obsluhy). V dalším kroku byl stejným způsobem nalezen nejvhodnější způsob zřetězení pro (plánovaný) případ obsluhy linek pracovníky (tedy mj. s uvažováním doby na jejich přemístění atd.). U varianty zřetězení, která byla na základě postupně prováděných simulačních experimentů zvolena, byly následně testovány různé alternativy obsluhy linek pracovníky (jejich optimální počet při rozdělení do skupin obsluhujících jen vybrané stroje v závislosti na prostorovém uspořádání takto definovaných operačních zón a docházkových vzdáleností mezi nimi).

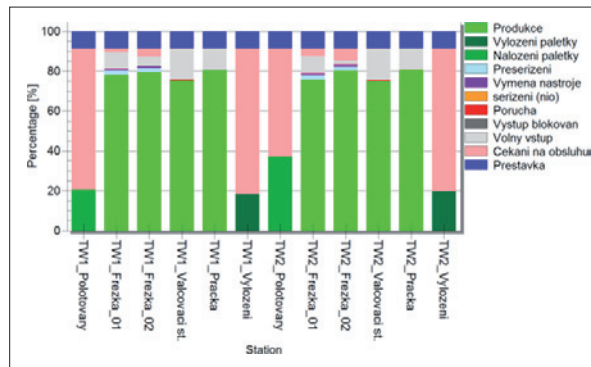
Zpracování výsledků simulačních experimentů usnadnilo použití knihovny VDA Powertrain, díky níž je možné sledovat mj. vytížení strojů i personálu bez nutnosti programovat příslušné výpočetní (statistické) algoritmy. Správu vstupních parametrů měněných pro jednotlivé simulované varianty (docházkové vzdálenosti, počet pracovníků, doby trvání technologických operací atd.) usnadňuje rozhraní mezi simulačním softwarem (Plant Simulation) a MS Excel, kde lze v jednotlivých listech jediného sešitu parametry upravovat (a opět načíst do modelu). Toto rozhraní je rovněž součástí knihovny VDA Powertrain.

5. Výsledky simulačních experimentů

Na základě statických propočtů uvažujících technické parametry jednotlivých strojů bylo zjištěno úzké místo celé linky, tedy stroj determinující svou výkonností celkovou produkci následně zřetězené linky. Simulací bylo ověřeno, že i při zřetězení nevznikne v důsledku křížení toku palet jiné úzké místo, tedy dopravníkový uzel či úsek, který by dosaženou produkci omezoval více než zmí-

něný stroj. Hodnota průměrné (dlouhodobé) produkce samostatně fungujícího stroje – úzkého místa – nepřetržitě zásobeného polotovarů byla v následujících simulačních experimentech uvažována jako „max. produkce bez zřetězení“, tedy 100 % dosažitelné produkce. Ve všech ostatních experimentech byly sledované průměrné a minimální denní produkce s touto hodnotou srovnávány.

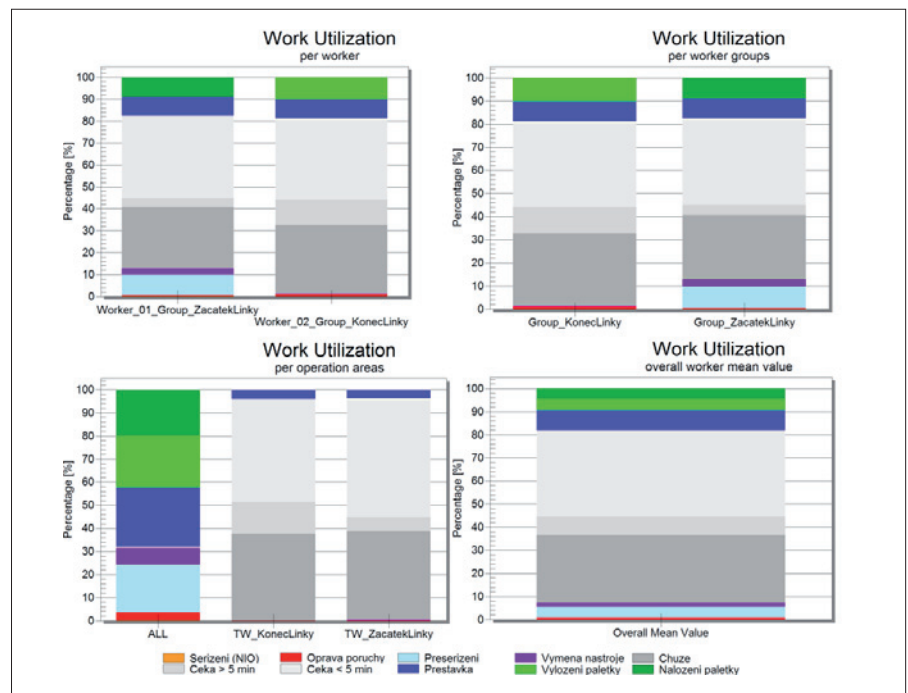
Porovnání průměrné a minimální denní produkce zřetězených linek obsluhovaných automaticky (bez zásahu pracovníků – teo-



Obr. 6. Grafické vyhodnocení vytížení výrobních technologií a obslužných stanovišť linek

retický případ) ukazuje graf na obr. 3. Podobné srovnání pro zřetězené linky s uvažováním obsluhy strojů a míst nakládky a vykládky palet pracovníky přináší graf na obr. 4. Detailní simulační experimenty ověřující dopady několika alternativních strategií obsluhy linek byly provedeny pro variantu zřetězení D a E. Porovnání možných alternativ uvolnění vjezdu palet se založenými polotovarů do technologického okruhu linek

pro variantu zřetězení E uvádí graf na obr. 5. V této variantě byly pro personál stanoveny dvě disjunktní pracovní zóny – „začátek linky“, zahrnující frézky včetně míst pro naložení polotovarů do (fronty) palet, a „konec linky“, zahrnující válcovací stanice, pračky a místa pro vyložení hřídel z palet. Simulační model umožňuje sledovat také vytížení výrobních zařízení i pracovníků obsluhujících linky. Jde vždy o podíl trvání stavu (pro stroje např. „výměna nástroje“ nebo „produkce“, pro pracovníky např. „oprava“ nebo „vyložení paletky“) vzhledem k celkovému vyhodnocovanému období. Pro hypotetickou výrobní linku (s upravenými technickými parametry vzhledem k hodnotám uvažovaným v rámci technického zadání) je v grafu na obr. 6 uvedeno vytížení výrobních zařízení. V případě pracovníků umožňuje knihovna VDA Powertrain sledovat vytížení jednotlivých pracovníků, skupin (v něž mohou být sdružení) i oblastí, ve kterých (různí pracovníci) působí. Grafy vyjadřující toto vytížení jsou na obr. 7 – opět v případě hypotetické výrobní linky s upravenými technickými parametry a parametry vztahujícími se k manuální obsluze. Grafy jsou důležité také proto, že údaje o vytížení techniky a pracovníků mají význam i pro validaci modelu. Je tak totiž snadné ověřit, že dané činnosti jsou vykonávány na správných místech (u správných strojů). Pro tento účel je možné využít také statistiky alokace pracovníků jednotlivým pracovištím, resp. pracovním zónám (sdružujícím obecně více pracovišť). Tyto statistiky vyjadřují grafy na obr. 8. Kromě toho lze rovněž sledovat časový (denní) průběh vytížení pracovníků a snadno tak vysledovat případné období, ve kterém pracovníci podle modelu



Obr. 7. Grafické znázornění vytížení obsluhy linek (jednotlivě, podle pracovních skupin, oblastí i hromadně)

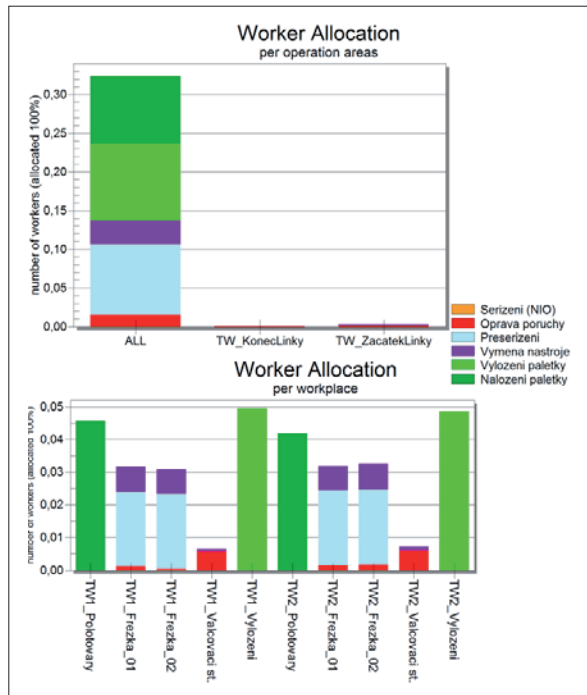
vykonávali nestandardní (či nestandardně časově náročné) úkoly. Pro detailní analýzu činností prováděných personálem je možné použít Ganttův diagram, který je též součástí knihovny VDA Powertrain.

6. Závěr

Přestože nejen v automobilovém průmyslu mají stále větší uplatnění prvky automatizační techniky, při plánování nových či návrhu úprav dosavadních výrobních systémů je často třeba zohlednit nezanedbatelný vliv manuálně prováděných činností. V souvislosti s plánováním vzniká při zahrnutí vlivu lidského faktoru často velké množství variantních uspořádání. Navíc v rámci každého z nich je třeba definovat všechny možné situace a ověřit jejich žádoucí průběh daný právě součinností obsluhujícího personálu a automatizační techniky. Řešením je využití diskretní simulace jako nástroje pro plánování toků materiálu.

Simulační studie představená v tomto článku ukazuje, že s využitím vhodných nástrojů lze efektivně vyhodnotit mnoho variantních uspořádání plánovaného výrobního úseku a navíc při tom využít statistické výstupy simulačního modelu, které pomáha-

jí lépe pochopit veškeré plánované procesy později probíhající v reálném provozu. V případě zde popsaného projektu byla uskutečněnými simulačními experimenty nalezena nejvhodnější varianta zřetězení technologických stanic pro obrábění převodových hřídelí ve dvě paralelní linky a ověřena dosažená denní produkce s ohledem na doporučené řízení činností personálu obsluhujícího obě výrobní linky.



Obr. 8. Grafické znázornění alokace pracovníků stanovištěm a pracovním zónám

Literatura:

- [1] BAYER, J. – COLLISI, T. – WENZEL, S.: *Simulation in der Automobilproduktion*. Berlin [u. a.], Springer, 2003. 3-540-44192-1.
- [2] ŠTOČEK, J.: *Počítačová simulace ve firmě Škoda Auto*. In: VPS 4/2 Simulace v plánování výroby, Škoda Auto, a. s., Mladá Boleslav, 2013 (prezentace).
- [3] VDA: *Willkommen beim VDA – Verband der Automobilindustrie* [on-line]. 2013 [cit. 15. 7. 2013]. Dostupné z: www.vda.de/de/index.html.
- [4] VDI – Gesellschaft Fördertechnik: *VDI Richtlinie 3633*. [b. m.], VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik, 2008.
- [5] HLOSKA, J.: *Kam směřuje simulace podnikových procesů a koncept digitální továrny?* Technik, 2013, 06.
- [6] –: *Working with the Modular Library Automotive*. [autor knihy], Editor Steffen Bangsow. Use Cases of Discrete Event Simulation, Appliance and Research. Heidelberg, Springer-Verlag, 2012.
- [7] SARGENT, R. R.: *Verification, Validation and Accreditation of Simulation Models*. [b. m.] In: Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, [b. m.], 2004, s. 50–59.
- [8] POEGE, C.: *VDA Automotive Bausteinkasten – Schulungsunterlagen für das Modul Powertrain*. [Dokument] [b. m.], Volkswagen Aktiengesellschaft, 2012.

Ing. Jiří Hloska, EDAG PS CZ

(jiri.hloska@isilog.cz),

Ing. Jiří Štoček, Ph.D., Škoda Auto, a. s.

(jiri.stocek@skoda-auto.cz)

► Na liberecké univerzitě vznikne výzkumné pracoviště pro výzkum nanotechnologií

V červenci 2015 byla zahájena první fáze nanotechnologického výzkumného projektu Nanomatcom. Bude-li schválen obchodní plán, budou vědci z Technické univerzity v Liberci a prestižní německé Fraunhoferovy společnosti společně vyvíjet technologii obdobnou 3D tisku, ale s jemností dosud ve výzkumu nedosaženou. Česko-německá obchodní a průmyslová komora (ČNOPK) se postará o propojení výzkumné sféry s hospodářským sektorem, aby se výsledky tohoto výzkumu rychle uplatnily v průmyslové praxi.

Cílem první fáze projektu Nanomatcom, trvající jeden rok, je příprava obchodního plánu pro následné vybudování a fungování společného výzkumného pracoviště Technické univerzity v Liberci a Fraunhoferovy společnosti, a to právě na liberecké univerzitě.

Budou-li v této přípravné fázi splněny všechny nutné podmínky, bude mít partnerské konsorcium značnou šanci na získání další finanční podpory pro vybudování nového pracoviště. „Výsledkem projektu bude excelentní univerzitní výzkumné pracoviště orientované na automatizované vytváření vysoce jemných 3D struktur s funkčními nanočásticemi,“ vysvětlil při oficiálním zahájení první fáze projektu Petr Tůma, ředitel Ústavu pro nanomateriály, pokročilé techno-

logie a inovace (CxI) na Technické univerzitě v Liberci.

„V rámci projektu Nanomatcom poskytneme naše know-how a rozsáhlé zkušenosti provedením podrobné analýzy trhu a identifikací vhodných firemních partnerů centra excelentnosti,“ uvedla Lenka Šolcová, vedoucí kompetenčního centra Inovativní technologie ČNOPK.

Projekt Nanomatcom je realizován v rámci programu Evropské unie Horizont 2020 – Teaming. Program má podpořit spolupráci ve výzkumu mezi partnery ze zemí západní Evropy s těmi ze států střední a východní Evropy. Do tohoto prestižního programu byly přijaty pouze tři projekty, na kterých se mají podílet čeští vědci.

(ed)