



## ZÁVODY BUDÚCNOSTI FACTORIES OF THE FUTURE

Jozef KOVÁČ

**Abstract:** The future of successful industrial enterprises and factories is associated with significant transformational changes in their processes and systems. The aim is to find solutions that make it possible to produce products and provide services much faster, cleaner and lower prices. Enterprises and networks of their establishments will provide manufacturing and services in many sectors of the global industry. It will require greater agility in response to the needs of customers, greater flexibility in implementing the activities production closer to customer requirements, increasing the efficiency and sustainability of implemented business processes. This will be the basis for high standards of quality, reliability and durability to ensure the new products available to customers worldwide. Designed the new corporate structure of production will have to use an active, autonomous, self-governing, production units. Intelligent products are clearly identifiable, always localizable throughout their life cycle. It is believed that the solution for the fulfillment of these visions can be plants of the future.

**Abstrakt:** *Budúcnosť úspešných priemyselných podnikov a ich závodov je spájaná s významnými transformačnými zmenami v ich procesoch a systémoch. Snahou je nachádzať také riešenia, ktoré umožnia vyrábať produkty a poskytovať služby omnoho rýchlejšie, ekologickejšie a za nižšie ceny. Podniky a siete ich závodov budú zabezpečovať výrobu a služby v mnohých sektoroch svetového priemyslu. Bude sa vyžadovať väčšia agilita v reakciách na potreby zákazníkov, väčšia flexibilita v realizovaných činnostiach, produkcia bližšia požiadavkám zákazníkov, zvýšenie účinnosti a udržateľnosti realizovaných podnikových procesov. To bude základom pre vysoké štandardy kvality, spoľahlivosti a životnosti pri zabezpečovaní nových výrobkov dostupných pre zákazníkov na celom svete. Projektované nové podnikové štruktúry výroby budú musieť využívať aktívne, autonómne, samosprávne, samoorganizovateľné výrobné jednotky. Vyrábané inteligentné výrobky budú jednoznačne identifikovateľné, vždy lokalizovateľné v celom ich životnom cykle. Predpokladá sa, že riešením pre naplnenie takýchto vízií môžu byť závody budúcnosti.*

**Key words:** factories of future, automatization, production processes, production systems, decentralized management, complete integration, industry 4.0, industry intelligence

**KLúčové slová:** závody budúcnosti, automatizácia, výroba, výrobné procesy, výrobné systémy, decentralizované riadenie, komplexná integrácia, priemysel 4.0, priemyselná inteligencia

### Úvod

Úsilie vedcov, inžinierov, technikov a ďalších pracovníkov strojárkeho priemyslu sa čoraz viac zameriava na riešenie problémov závodov budúcnosti. Identifikovateľné je to prioritných smeroch základných a inšpiračných vedecko-výskumných prác. Podniky a závody budúcnosti sú najčastejšie prezentované pojmom Smart factory, Industry 4.0, Factory of the Future a pod.. Riešenia nadväzujú aj na úspešný historický rozvoj automatizácie (najmä integrovanej pružnej automatizovanej výroby a filozofie CIM). Rozpracované boli všeobecné princípy tvorby a exploatácie pružných výrobných systémov,



robotizovaných systémov, princípov automatizácie operatívneho plánovania výroby, riadenia pružnej integrovanej výroby a ďalšie. Sú významným inovačným potenciálom ďalšieho rozvoja. Nové prístupy k normovaniu a hodnoteniu práce a jej stimulácie, nové spôsoby hodnotenia vlastných nákladov produkcie a pod. zároveň prispeli k všeobecnej efektívnosti pružnej automatizovanej výroby.

Vytvorenie závodu budúcnosti – inteligentného vysokopružného automatizovaného závodu strojárenského profilu – vyplýva z požiadaviek na budúce výrobné, ekonomické a spoločenské vzťahy. Je jednou z dlhodobých programových úloh rozvinutých priemyselných krajín. Výrobné prostriedky, výrobné systémy a ďalšie subsystemy v závodoch budúcnosti budú do značnej miery samoorganizovateľné, autonómne, rekonfigurovateľné, decentralizovaným spôsobom inteligentne riadené a pod.. Budú schopné automaticky spracovať a realizovať objednávky, priamo aplikovať výrobné informácie v realizovaných výrobných procesoch výroby príslušných druhov výrobkov. Budú pravdepodobne schopné zabezpečovať aj ďalšie doteraz neprognozované činnosti.

### **Východiskové predpoklady pre tvorbu strojárskych závodov budúcnosti**

Strojárske podniky s prognózovanými charakteristikami nie je možné projektovať bez ďalšieho kvalitatívneho rozvoja klasických projektových prístupov v početných oblastiach. Pre progres sú potrebné revolučné kroky vyplývajúce z inovačných trendov v rozvoji technológií strojárstva, metód organizácie a riadenia výroby, využívania potenciálu počítačových a softvérových technológií a systémov, digitalizácie, virtualizácie procesov a ďalších.

Prvé zmeny sa už prejavujú najmä v týchto oblastiach:

*Utlmovanie diferenciácie výrobných procesov.* Rast zložitosti strojárskej produkcie a veľký počet operácií pri diferenciácii vedie k neproporcionálnemu rastu pomocných operácií a úkonov, väčším objemom neukončenej produkcie a nadbytku prácnosti, čo značne zväčšilo obežné prostriedky a čas výrobného cyklu. Významnou zmenou je, že veľký počet výrobných operácií je už v súčasnosti koncentrovaný (intenzifikačný faktor) na jednom výrobnom zariadení, pracovisku, bunke, v pružnom výrobnom systéme. Integráciou výrobných procesov vyhotovenia výrobkov na jedno pracovné miesto sa mnohonásobne skracuje celkový čas výroby, rôzne medzioperačné čakania sú minimalizované resp. anulované. Príkladom je integrácia operácií do jedného pracovného miesta (napr. NC výrobné centra). Dochádza k odklonu od prúdových štruktúr automatizovaných výrobných liniek. Takáto radikálna zmena prezentuje praktickú náhradu diferenciácie v organizácii práce výrobných systémov.

Prechod k využívaniu integrovaných výrobných systémov pre realizáciu komplexu prác, zabezpečujúcich nepretržitosť výrobných procesov určujú v podstate dva princípy:

Prvý princíp je založený na využívaní elektronických prostriedkov a automatizovaných systémov riadenia celého výrobného procesu. Náklady na tieto technické prostriedky, predstavujú značnú časť z celkových investícií na automatizáciu výroby.

Druhý princíp je založený na intenzifikácii operácii výrobných procesov, t. j. výrobe a montáži výrobkov s cieľom zabezpečiť nepretržitosť výroby.

Už v súčasnosti využívané automatizované systémy prípravy výroby, pružné výrobné systémy integrované v pružných automatizovaných prevádzkach tvoria zárodok „závodov budúcnosti“. Strojárstvo bude naďalej rozvíjať trend integrácie rôznych



technologických procesov a systémov riadenia do komplexných riešení.

Z historického hľadiska aplikáciami pružných výrobných systémov, začal nový závit dialektickej špirály rozvoja automatizácie strojárskych výrobných procesov. Etapy rozvoja automatizácie vyjadrené špirálami sú charakterizované nasledovne:

- I. *etapa automatizácie* (prvý závit) – na vývoj smerujúci od univerzálnych výrobných strojov k špecializovaným výrobným strojom, výrobným automatom, automatickým výrobným linkám ľudstvo potrebovalo okolo 200 rokov.
- II. *etapa automatizácie* (druhý závit) - programové riadenie technologických cyklov výrobných prostriedkov definuje prechod na nový závit špirály, pričom cca za 30 rokov boli vytvorené univerzálne a špeciálne výrobné automaty s NC riadením mnoho vretenové výrobné automaty s NC riadením, automatické výrobné linky s NC riadením a pod..
- III. *etapa automatizácie* (tretí závit) – je charakterizovaný rozvojom programového riadenia aktivít vo výrobných systémoch počítačmi v dialógovom režime a režime rozdeleného času. Používanie počítačov na riadenie množstva výrobných prostriedkov, pokrok v rozvoji a využívaní mikroprocesorovej a ďalšej riadiacej techniky, taktiež softvérových produktov definuje súčasný závit špirály.
- IV. *etapa automatizácie* (štvrtý závit) - vytváranie komplexných automatizovaných závodov budúcnosti na báze nových koncepcií určuje začiatok novej špirály. Možno očakávať, že takéto inteligentné automatizované závody sa objavia v strojárstve v priebehu 10 až 15-tich rokov.

### **Komplexná integrácia v závodoch budúcnosti**

Závody budúcnosti budú plne integrovanými kyberneticko fyzickými systémami. Tieto budú mať k dispozícii dostatok optimálnych údajov v každom okamihu. Integráciou ľudí, objektov a systémov budú vznikať dynamické, optimalizované a samoorganizujúce sa jednotky, ktoré vyhovujú rôznym kritériám a požiadavkám. Riešenia si však budú vyžadovať enormnú úroveň integrácie prvkov a komponentov príslušnej štruktúry.

V jadre pojmu integrovaný systém je definícia systému. Systém je množina prvkov, komponentov, či objektov, vzťahové relácie medzi ktorými, alebo ich atribútmi sú organizované tak, aby sa dosahovali predurčené ciele, keď tieto prvky, komponenty a objekty integrujú s prostredím.

Prvky systému môžu byť prepojené buď voľne, alebo pevne. Môžu operovať nezávisle, ako aj kolektívne, potiaľ kým nedosiahnu predurčené ciele. Vo všeobecnosti za integrovaný systém sa považuje ten, ktorý je prepojený stálymi väzbami. Funkcie sú v integrovanom systéme synchronizované. Spriahnutie prvkov v systéme môže byť fyzické, riešené hardvérovými prvkami a jednotkami, alebo môže zahŕňať aj informačné a komunikačné linky za pomoci počítačov a ľudí.

Podľa definície pojmu systém a mapovania neformálneho obsahu systémov možno konštatovať:



1. Integrované systémy aplikované vo výrobe (pričom pojem „výroba“ sa chápe širšie) zahrňujú tiež systém prípravy výroby a samotný výrobný operačný systém, samotné výrobné a distribučné činnosti a ich väzby na okolie. Všetky priame a aj nepriame výrobné činnosti sú v koncepte zahrnuté a to ako hlavné tak aj podporné.
2. Horizontálny a vertikálny rozvoj výrobných systémov. Horizontálny rozvoj zahrňuje prípravu polotovarov, výrobu súčiastok, montáž, manipuláciu s materiálom, balenie, nákup, riadenie kvality, riadenie výroby, zásob a rozpracovanosti, údržbu a distribúciu a pod.. Vertikálny rozvoj môže zahrňovať funkcie konštrukčnej a technologickej prípravy.
3. Koncept rozvoja systémov je závislý nielen od integrácie, zahrňuje aj synergické efekty. Termín „integrácia“ musí byť však dostatočne široko chápaný a definovaný. Zahrňuje rozhrania a koordináciu funkcií spojenia fyzických komponentov a informácií celého systému. Rozsah integrácie vyžaduje prepájať stroje, pracovné stanice, pracoviská, bunky, celé systémy. Plná integrácia zahrňuje aj dodávateľov a odberateľov.

Integrácia a rozhrania, aj keď sa často považujú za rovnocenné riešenia, čo do funkcií nie sú vhodné pre všetky prípady. Integrácia a riešenia rozhraní majú svoje vplyvy na systémy. Organizácia je taktiež je závažný faktor plne integrovaných výrob. Organizácia ako podsystem každého závodu je nápomocná pokroku v rozvíjaní stratégie na ceste k závodom budúcnosti. Tab. 1 obsahuje hlavné aspekty koncipovania stratégie výrobného závodu pre tvorbu závodu budúcnosti [1].

**Tab.1 Koncipovanie stratégie výrobného závodu**

Poloha výrobného závodu	Stratégia musí zaistiť dobré pozície výrobcu v odbyte, na trhu, v inovácii a v súťaži. Výrobca musí vedieť cesty získania a upevnenia pozícií, rozoznať, čo je možné a čo je dosiahnuteľné
Kritická analýza	Progresívne myslenie zaručuje životaschopnosť, najmä rozvíjaním nasledujúcich aktivít: <ul style="list-style-type: none"><li>• kritická analýza výrobku (každý kus, každá operácia)</li><li>• analýza nákladov (réžia, materiál, mzdy)</li><li>• skúmať správnosť všetkého, čo existuje (pomocné činnosti, rozpracovanosť, technika, informácie)</li><li>• upresňovať smernice (pohyb zásob, veľkosť dávok, kvalita produkcie, dodávky, reálne časy)</li></ul> Tradičné praktiky treba považovať za odumierajúce a uvedomovať si, že ich udržiavajú ľudia.
Realizácia	Vyžaduje sa manažérska podpora vyvíjaného konceptu novej technológie: zjednodušiť – integruj – zaved' riešenie. Náklady a riziká predlžujú každú etapu. Pred každým závažným riešením treba vyjasniť prínosy, zdroje fondov a prínosy pre plánované ciele. Rekonštrukčné zámery sa vždy prenášajú do opatrení, ktoré sa majú integrovať s generálnymi plánmi.



Znaky efektívnej stratégie	Znaky úspešnej stratégie sú: <ul style="list-style-type: none"><li>• vedieť kde sme a kam chceme</li><li>• mať výrobu a výrobok v úplnom poriadku</li><li>• zavádzať systémy na modulárnej architektúre</li><li>• dosiahnuť plnú integráciu</li><li>• konfrontovať v každej etape správnosť organizácie, výber ľudí a adekvátnosť znalostnej prípravy.</li></ul>
----------------------------	--

Pri rozvoji organizácie systémov si treba uvedomiť, že nie všetky prvky môžu byť navzájom integrované. Integrácia je fyzikálny fenomén a jej realizácia závisí od substančnej povahy prvkov. Nie všetky prvky sa dajú integrovať, môžu sa však prepájať za pomocou rozhraní. To platí o výrobných štruktúrach v plnom rozsahu. Integrácia nie je jeden stav, prekonáva etapy, či stupne. Systémy môžu mať čiastkovú integráciu. Integrácia nie je jednoduchý výstup sumarizácie. Objavuje sa na rôznych úrovniach (či vrstvách), ktoré sa navzájom môžu, ale aj nemusia ovplyvňovať. Tento aspekt nemusí byť hneď rozoznaný, avšak veľmi dôležité je, či dobre organizované a efektívne integračné úsilie môže byť zrealizované. Integrácia sa prejavuje vo vrstvách a vyššia fyzikálna vrstva integrácie nemôže sa zrealizovať, pokiaľ nie je zrealizovaná nižšia. Tento tzv. rekurentný princíp má početnosť svojich prejavov v kontexte integračných procesov vo výrobe a jej príprave.

### Záver

Je zrejme, že cesta k realizáciám závodov budúcnosti je veľkou výzvou, ktorá bude prinášať nielen významné inovačné riešenia, ale aj nové vedecké, odborné a realizačné problémy. Zároveň však podporí rozvoj mnohých vedných odborov a priemyselných odvetví. Zámerom príspevku bolo poukázať na niektoré aspekty tejto (určite z hľadiska vývoja) zaujímavej problematiky.

***Príspevok bol riešený v rámci projektu VEGA 1/0853/16 2016 Nové projektové technológie pre tvorbu a implementáciu závodov budúcnosti.***

### Literatúra

- [1] Buda, J., Modrák, V.: Mapovanie konceptu – závod budúcnosti. Zb. ved. prác VŠT Košice, Alfa Bratislava, 1999, s. 19-41
- [2] Bauernhansl, T., Hompel, M., Heuser, B., V.: Industrie 4.0 in produktion, Automatisierung und Logistik. Springer fachmedien Wiesbaden 2014. ISBN 978-3-658-04681, ISBN 978-3-658-04682-8 (eBook)
- [3] Bracht, G., Geckler, D., Wenzel, S.: Digitale fabrik. Methoden und Praxisbeispiele. Springer- Verlag. Berlin Heidelberg, 2011, ISBN 978-3-540-89038-6, e-ISBN 978-3-540-88973-1
- [4] Geisberger, E., Broy M.: Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. Acatech studie, Heidelberg Springer Verlag, 2012
- [5] Kováč, M., Buda, J., Šimšík, D.: Projektovanie výrobných systémov, Alfa Bratislava, 1991
- [6] Kováč, M., Kováč, J.: Inovačné projektovanie výrobných procesov a systémov. Edícia vedeckej a odbornej literatúry. SjF TU Košice. 2011. ISBN 978-80-553-0805-0



- 
- [7] Kováč, J., Rudy, V., Kováč Juraj: Automatizácia výroby. Edícia vedeckej a odbornej literatúry SjF TU v Košiciach, 2016, ISBN 978-80-553-2311-4
- [8] Madarász, L., Bučko, M., Andoga, R.: Integrované aspekty tvorby a prevádzky systémov CIM. Elfa Košice, 2006, ISBN 80-8086-043-2, EAN 978808086043
- [9] Vasiliev, V., N.: Pružná integrácia výroby a organizačno-ekonomický základ tvorby závodu budúcnosti. Zb. ved. prác VŠT Košice, Alfa Bratislava, 1999, s. 43-60
- [10] <http://www.henn.com/de/research/factory-future>
- [11] <http://www.manufuture.org>
- [12] [http://futurevision.innoz.de/ff\\_autonomesysteme](http://futurevision.innoz.de/ff_autonomesysteme)

### **Kontakt**

prof. Ing. Jozef Kováč, CSc.  
Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta,  
Ústav manažmentu, priemyselného a digitálneho inžinierstva  
Park Komenského 9, 040 01 Košice, Slovensko  
e-mail: joze.kovac@tuke.sk