

# Aktuálne témy z údržby strojov (5)

Súčasný trendy rozvoja a využívania IT, automatizácie a robotizácie vo výrobní sfére výrazne prispievajú k rastu ich významu tiež v činnostiach zabezpečujúcich intenzifikáciu výroby, teda pohotovosť strojov. Tie zvyšujú kvalitu a rýchlosť vykonávaných prác, čím prispievajú k skracovaniu odstávok zariadení a zvýšeniu spoľahlivosti ich prevádzky.

## Nástroje na podporu a optimalizáciu procesu údržby

Vzhľadom na to, že v posledných rokoch vo výstavbe výrobných strojov enormne narastala technická zložitosť a dokonalosť, bude ďalej čoraz ťažšie pochopiť stav jednotlivých častí stavby alebo stavebných modulov. Na moderných zariadeniach sa nájde podstatne viac slabých miest, ako to bolo pri starších strojoch. K tomu sa pridružuje snaha konštruktérov po štíhlych (nepredimenzovaných), úsporných a ľahko zhotoviteľných konštrukciách. To na druhej strane vyvoláva prirodzenú reakciu, že jednotlivé časti strojového systému sú citlivejšie na opotrebovanie a defekty, čo si vyžaduje zvýšené nároky na údržbu.

## V oblasti riadenia údržby

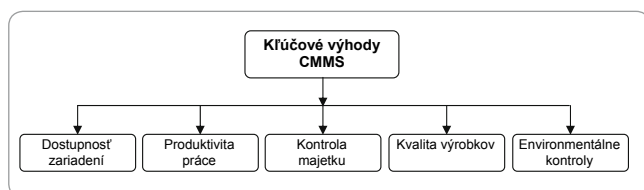
Na základe doterajších poznatkov je jeden z najdôležitejších zdrojov na vytvorenie a udržanie prednosti v súťaži riadenie údržby. V súčasnosti sa na riadenie procesov údržby v podnikoch využívajú aj moderné výpočtové technológie. Jedným z mnohých trendov v oblasti riadenia údržby v podnikoch sú aj počítačové systémy riadenia údržby v podniku (Computerized Maintenance Management Systems, ďalej CMMS). Zavedením riadenia údržby s podporou IT (CMMS) sú spoločnosti schopné zefektívniť využitie zdrojov (ľudské zdroje, skladové zásoby...).

## Počítačový systém riadenia údržby

Počítačový systém riadenia údržby je typ softvéru na správu údržbárskych aktivít, ktorý plní funkciu v podpore riadenia a monitorovania prevádzky a údržby. V systéme riadenia prevádzky automatizuje väčšinu logistických funkcií zabezpečovaných údržbou (obr. 1). Prichádza s mnohými možnosťami a oproti manuálnej údržbe systémov má mnoho výhod.

V závislosti od zložitosti zvoleného systému patria medzi typické funkcie počítačových systémov riadenia údržby:

- prípravné práce,
- rozvrhovanie a manažment údržbových prác,
- rozvrhovanie pracovníkov,
- manažment preventívnej údržby,
- kalkulácia nákladov údržby,
- manažment technickej dokumentácie,
- historické sledovanie všetkých vytvorených pracovných príkazov, ktoré sa dajú zoradiť podľa dátumu, osoby, odpovede ap. a ktoré manažmentu údržby umožňujú brať do úvahy učenie sa zo skúseností,
- manažment náhradných dielov (čo je historicky prvá aplikácia počítačov v riadení údržby).



Obr. 1 Kľúčové výhody CMMS

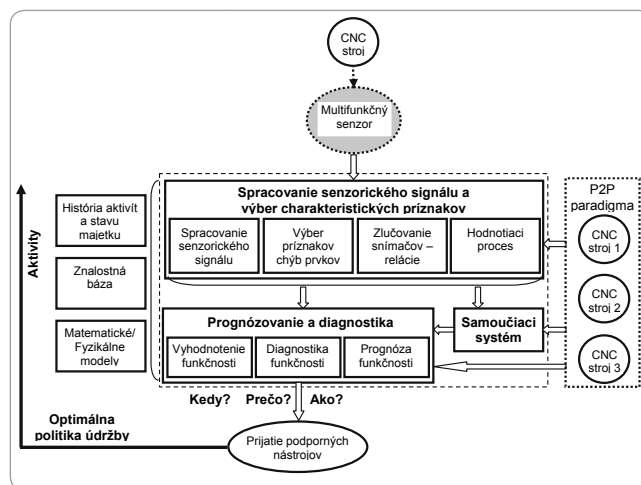
Súčasným trendom je začleňovanie CMMS do obsiahlych systémov ERP (Enterprise Resource Planning), ako je SAP alebo Oracle. V prvom rade treba vytvoriť štruktúru, podľa ktorej sa bude údržba riadiť. Ide v podstate o algoritmus krokov (vývojový diagram). Ďalšou úlohou je získať čo najviac informácií o technických miestach v jednotlivých útvaroch (výroba, manipulácia, doprava a skladovanie), tzn. tiež o vybavení týchto technických miest. Treba určiť (definovať), ako možno zaoberať sa technickými miestami a ich vybavením.

Hlavnou výhodou takéhoto systému je jednoduchosť výmeny údajov medzi jednotlivými oddeleniami podniku (napr. medzi údržbou a učtárňou). Hlavnou nevýhodou je, že sú to veľmi veľké a rigidné systémy s dlhou a náročnou implementáciou a že nie sú náchylné na ďalší vývoj, dokonca aj keď je to potrebné.

## Autoúdržba technických systémov

V tradičnom chápaní údržby, ak dôjde k poruche, celý systém musí byť zastavený, kým nie je porucha úspešne odstránená. Ak by sme mali stroj alebo subsystém, ktorý by sám oznámil svoj súčasný technický stav alebo stupeň opotrebovania, riešilo by to tieto problémy. Jedným z takýchto riešení je balík algoritmov nazvaný Watchdog Agent [2], ktorý je schopný vyhodnocovať informácie o zariadeniach a ich prevádzkových podmienkach.

Watchdog Agent monitoruje postupné opotrebovanie súčiastok a určuje pravdepodobnosť porúch daného zariadenia (obr. 2). Hodnotí a predvída proces alebo funkčnosť zariadení pomocou zabudovaných senzorov a inteligentných systémov na základe troch typov údajov (strojových, rozhodovacích, synchronizačných). Posúdenie zníženia funkčnosti sa vykonáva pomocou modulu zabezpečujúceho spracovanie rôznych senzorických vstupov a výber charakteristických príznakov (symptómov) chýb prvkov stroja, súvisiacich s jeho činnosťou a pomocou modulu vykonávajúceho multisenzorické hodnotenie funkčnosti na základe vybraných signálnych funkcií buď s použitím multifunkčného senzora, alebo zlúčených (združených) snímačov.



Obr. 2 Funkcie Watchdog™ Agent

História správania sa sledovaného procesu je využitá na predvídanie správania a tiež na predpoveď procesu alebo pohotovosti stroja. Na základe predpokladanej pohotovosti môže proaktívna údržba jednoduchšie predpovedať možné zlyhanie skôr, než k nim dôjde. Okrem toho túto aktívnu údržbu infraštruktúry môžu podporiť informácie zistené pri Watchdog™ a princípy P2P paradigmy (rovného s rovným) môžeme využiť na zlepšenie multifunkčného senzorického hodnotenia, diagnostiky a prognózy funkčnosti. Predpokladom P2P paradigmy je, aby boli Watchdog Agent namontované na rovnakých strojoch pôsobiacich za podobných podmienok, pričom by si vymieňali informácie, a tak si navzájom pomáhali pri budovaní modelových situácií.

## V oblasti výkonu údržby

Napriek veľkému pokroku v oblasti automatizácie riadenia údržby zatiaľ nemožno úplne vylúčiť manuálnu prácu v procesoch údržby.

Typickým príkladom takýchto činností je ošetrovanie, inšpekcia a opravy strojov vysoko automatizovanej výrobnéj techniky (NC a CNC stroje, obrábacie centrá, pracovné stanice). Vďaka novým technológiám a ich širokým možnostiam uplatnenia sa čoraz častejšie stretávame s inovatívnymi prístupmi adekvátnej náhrady človeka v procese zabezpečenia údržby.

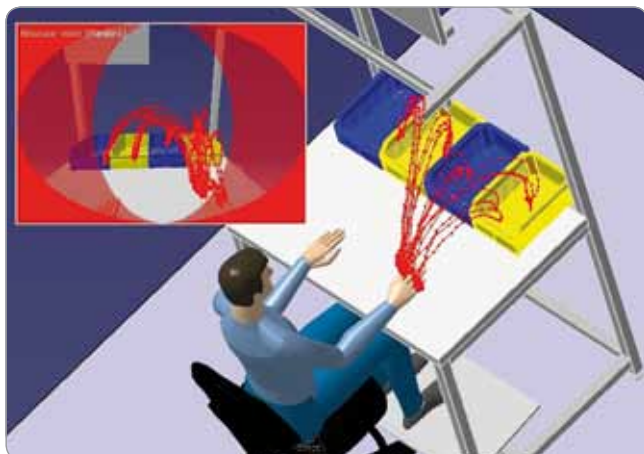
### Rozšírená realita (AR) a možnosti jej využitia v údržbe

Rozšírená realita (augmented reality, ďalej AR) je relatívne nová technológia, ktorá preniká aj do odvetví a sfér, kde by sme ju iba veľmi ťažko očakávali. Je to tak aj v prípade údržby, kde sa dosť často pracovník stretáva s nezvyčajným prvkom, súčiastkou, pracovným postupom alebo s novou úlohou. Aby sme predišli zdĺhavému hľadaniu v manuáloch, nainštalujeme do údržby alebo opravy Augmented Reality displej. Na tomto displeji sa časti, ktoré počas opravy treba odmontovať, zvýraznia. Po tom, čo ich pracovník odmontuje, zvýrazní sa napríklad časť zariadenia, ktorá potrebuje opravu alebo výmenu. AR displej upozorní na skryté časti, ktoré by pracovník mohol prehliadnuť alebo by mu ich hľadanie zabralo viac času. Vo výrobe sa AR displej využije na zobrazenie pracovného postupu. Pracovníkovi zjednoduší prácu tým, že mu ukáže, ktorý diel kam patrí, upozorní ho na jeho natočenie alebo mu zobrazí opis jednotlivých dielov. Podobné, už fungujúce systémy môžeme nájsť aj v iných odvetviach [1].

Iným problémom sú pracoviská údržby, ktoré nerespektujú ani základné ergonomické požiadavky. Zvyčajne majú takéto pracoviská negatívny vplyv na výkonnosť, kvalitu a pri dlhodobom vykonávaní práce aj na zdravie pracovníkov. Tu sa žiada uskutočniť posúdenie a hodnotenie všetkých polôh a postojov pri údržbe (montáž, demontáž) z ergonomického hľadiska, čo môže byť veľmi zdĺhavé a náročné.

V laboratóriách SJF TU v Košiciach sú overované a skúšané rôzne metódy analýzy, projektovania a plánovania neautomatizovaných pracovných postupov vrátane údržby vybraných druhov výrobkov, prípravkov a pod. Na analýzu ručne realizovaných operácií v montáži, demontáži a údržbe bol vytvorený koncept založený na zaznamenávaní trajektórií pohybu rúk a následnej ergonomickej analýzy jednotlivých polôh. Tento koncept je postavený na využití technických zariadení pre virtuálnu realitu (dátová rukavica CyberGlove II) a ergonomických modulov systému CATIA [4, 7].

Fyzická údržba výrobku na konkrétnom laboratórnom pracovisku sa realizuje prostredníctvom vysielачa – zariadenia Flock of Bird, ktorý je na pracovisku umiestnený tak, aby neprekážal pri údržbe výrobku a zároveň aby bol schopný zachytiť všetky pohyby ruky. Následne sa nakonfiguruje dátová rukavica a trekovacie zariadenie, spustený je systém CATIA a v ňom aktivovaný workbench Virtual Hand. Realizujú sa príslušné pracovné úkony. Na začiatku pracovnej činnosti je vhodné odmerať štartovaciu pozíciu ruky na pracovnom stole, t. j. zistiť jej presnú polohu. Počas vykonávania pracovných úkonov sú snímané trajektórie pohybu pravej ruky. Každá trajektória zodpovedá pohybu jedného snímača na rukavici. Rukavica má



Obr. 3 Príklad modelu pracoviska so zaznamenanými trajektóriami pohybu

18 senzorov a každý senzor má vlastnú trajektóriu. Takto pripravené trajektórie sú potom integrované s modelom pracoviska vytvoreným v CATII (obr. 3).

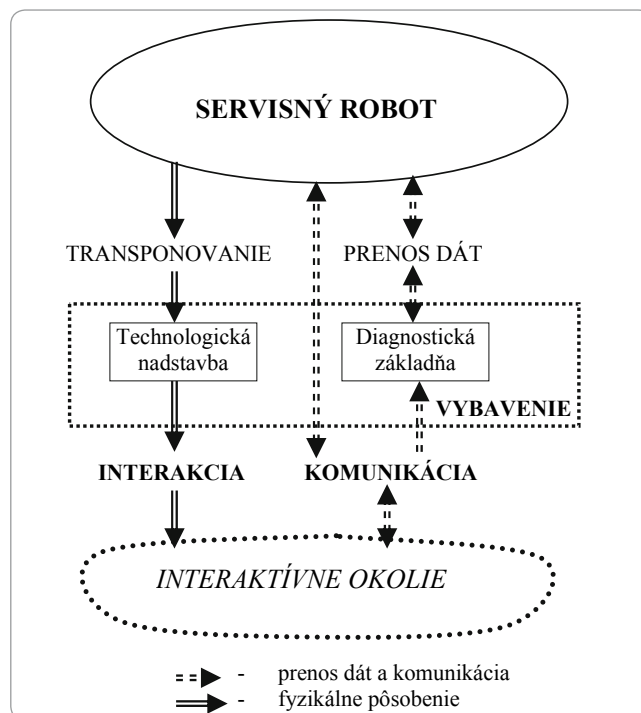
Model z obr. 3 je vytvorený podľa rozmerov reálneho pracoviska. Tiež rozmery a umiestnenie prípravkov, resp. zásobníkov zodpovedajú skutočnosti. Do modelu pracoviska je umiestnená figurína človeka. Model figuríny rozmerovo zodpovedá pracovníkovi, ktorý vykonáva pracovnú činnosť. Pri integrácii trajektórií možno posúvať a otáčať jednotlivými prvkami zostavy tak, aby sa dosiahol stav zodpovedajúci skutočnosti. Na takto pripravenom modeli potom možno vykonávať ergonomické analýzy jednotlivých fáz pohybov pravej ruky pracovníka, a to v Human Activity Analysis workbenchi [4].

### Roboty v údržbe

V súčasnosti majú roboty (servisné) vo svete široké uplatnenie, za posledné roky sa vyvinul nový trend, ktorým je integrácia servisných robotov do diagnostických a údržbárskych úloh. Jednou z oblastí, v ktorých sa uplatňujú, sú jadrové elektrárne, kde je servisná robotika potrebná na inšpekčné práce, montáž a údržbu zariadení a na zásahy pri haváriách. Mnohé z týchto operácií sa bez použitia robotov nedajú zabezpečiť, ich výhodiskovou prednosťou je, že sú diaľkovo ovládané, čím výrazne znižujú najmä radiačné zaťaženie obslužného personálu. Zvyšujú aj kvalitu a rýchlosť vykonávaných prác, čím zasa prispievajú ku skracovaniu odstávok zariadení a zvýšeniu spoľahlivosti ich prevádzky. Nezanedbateľná je aj ich bezproblémová integrovateľnosť do systému na diagnostiku a údržbu [5].

V prípade robotov na údržbu (ošetrovanie, inšpekciu, opravy) máme na mysli kategóriu robotov schopnú zvládnuť manipulačné činnosti (manipulácia s nástrojmi, náradím a náhradnými dielmi), podporné technologické činnosti (oprávarenské a rekonštrukčné práce), diagnostické činnosti (lokalizácia, detekcia a korekcia poruchy) a iné špeciálne činnosti (identifikácia stavu a povahy predmetov a okolia).

Od servisného robota určeného na údržbu a diagnostiku vo výrobnej prevádzke sa vyžaduje schopnosť pohybu po vertikálnej (horizontálnej) rovine ploche so stanoveným dosahom od energetického zdroja, schopnosť manipulačnej nadstavby pracovať v rôznych operačných režimoch (ošetrovanie, inšpekcia, oprava a iné) a jej automatická výmena [6]. Nenahraditeľné sú požiadavky na bezproblémovú a rýchlu inštaláciu na interaktívnu scénu (stena, traverza), k energetickým a technologickým zdrojom a na bezproblémovú obsluhu.



Obr. 4 Rozšírenie základne servisného robota na údržbu

Z hľadiska riadenia jeho pôvodný kybernetický systém rozšírime o údržbársku výzbroj (obr. 4), ktorú predstavuje technologická nadstavba a diagnostická základňa. Technologickú nadstavbu tvoria technologické a manipulačné nástroje vrátane systému automatickej výmeny. Diagnostickú základňu tvoria meracie prvky a moduly na sledovanie koreňových príčin porúch strojov a zariadení (rotačných a posuvných častí).

## Záver

Koncepcia automatizácie v údržbe spočíva v schopnosti integrovaných zariadení generovať a zabezpečovať aktivity na úpravu prevádzky strojov a zariadení v závislosti od ich technického stavu. Automatizácia údržby vyžaduje nielen funkčný informačný systém, ale aj kompletný monitoring zariadení a súčasného stavu. Funkčný informačný systém poskytuje informácie o súčasných podmienkach prevádzky do systému hodnotenia technického stavu zariadení. Funkcia týkajúca sa informácií o technickom stave hodnotí súčasný technický stav, príp. stupeň poškodenia a predpovedá pravdepodobnosť poruchy (kedy bude potrebná údržba). Získané informácie môžu byť poslané do funkčného riadiaceho centra, kde sa vygeneruje globálna optimálna kombinácia plánu pre prevádzku a údržbu, pričom berie do úvahy všetky dostupné údaje. Tvorba globálnych plánov a úprava prevádzkových parametrov stroja nie je jediným spôsobom, ako možno chápať automatizáciu v údržbe. Aktivácia automatického ladenia či automatické opravy (dialková a proaktívna diagnostická údržba) sú ďalšou možnosťou, ako realizovať určitý stupeň automatizácie údržby. Avšak vrchol (budúcnosť) automatizácie údržby je jednak v optimalizácii procesu údržby s využitím prostriedkov rozšírenej reality, jednak v samotnom výkone (zásahu) údržby v maximálnej miere zastúpenom vyspelou technikou. To nám pomáha znížiť vplyv subjektívnych faktorov, ktoré môže do týchto činností vnášať obsluha.

## Literatúra

- [1] AZUMA, R.: Tracking Requirements for Augmented Reality. Communications of the ACM Vol. 36, No. 7, 1993, pp. 50 – 51.
- [2] BAGADIA, K.: Computerized maintenance management systems made easy: how to evaluate, select, and manage CMMS. McGraw-Hill Professional, 2006. ISBN 0071469850, 9780071469852,
- [3] GERARD, M., NEYRET: Niekoľko úvah o údržbe. In: ÚDRŽBA/ Maintenance – Instandhaltung. Vydáva Slovenská spoločnosť údržby, 1/2007, s. 1 – 8. ISSN 1336-2763.
- [4] MAREŠ, A. – KOVÁČ, J. – SENDERSKÁ, K. – FABIAN, M.: Analýza pohybov rúk pri ručnej montáži pomocou dátovej rukavice. In: IT CAD: dvomesečník o CAD počítačové grafice a CA.. technológiách. Vol. 18, no. 3 (2008), p. 29 – 31. ISSN 1802-0011.
- [5] VALENČÍK, Š.: Údržba a obnova strojov. Košice: EVaOL Strojnícka fakulta TU Košice 2010. 417 s. ISBN 978-80-533-0514-1.
- [6] VALENČÍK, Š.: Roboty v údržbe. In: Řízení a údržba průmyslového podniku. Vol. 3, no. 2 (2010), p. 34 – 37. ISSN 1803-4535.
- [7] VALENČÍK, Š. – KOVÁČ, J.: Nástroje spoľahlivosti a optimalizácie údržby. In: Transfer inovácií 16/2010, s. 276 – 279. Košice: Strojnícka fakulta TU Košice 2010. ISSN 1337-7094.

doc. Ing. Štefan Valenčík, CSc.

Technická univerzita v Košiciach  
Strojnícka fakulta  
Katedra výrobnéj techniky a robotiky  
stefan.valencik@tuke.sk