

## POSUDOK OPONENTA HABILITAČNÉHO KONANIA

Meno uchádzača: Ing. Miroslav Císar, PhD.  
Pracovisko uchádzača: Katedra automatizácie a výrobných systémov, Sjf UNIZA  
Odbor HK a IK: Strojárstvo  
Názov práce: Implementácia metód technickej diagnostiky v automatizovaných výrobných systémoch  
Oponent práce: prof. Ing. Andrej Czán, PhD.  
Pracovisko oponenta: KOVT Sjf UNIZA

---

Oponentský posudok bol spracovaný na základe menovacieho dekrétu prof. Dr. Ing. Milana Ságu, predsedu Vedeckej rady Strojníckej fakulty Žilinskej univerzity v Žiline č. 680/Sjf/2022-pvv zo dňa 11.2.2022.

### AKTUÁLNOSŤ ZVOLENEJ TÉMY HABILITAČNEJ PRÁCE:

Technická diagnostika je významným prvkom zvyšovania spoľahlivosti výrobných systémov a strojov najmä predikciou neočakávaných porúch a následnou schopnosťou naplánovania včasnej a efektívnej údržby, ale i dosiahnutia požadovanej presnosti strojov a zariadení. Technická diagnostika ovplyvňuje kontinuitu výrobného procesu a tým znižuje finančné náklady spôsobené náhodnými poruchami a nepredvídanými prerušeniami výroby a dáva nám dôležité informácie potrebné pre neustále zlepšovanie procesov a zabezpečenie požadovanej kvality výroby. Je to interdisciplinárny vedný odbor zaoberajúci sa senzormi a zariadeniami monitorujúcimi rôzne fyzikálne veličiny a diagnostickými a matematickými metódami vyhodnotenia získaných informácií. Výskum v tejto oblasti vytvára potenciál pre vývoj nových diagnostických zariadení, ktorý sa v súčasnosti zameriava najmä na kontinuálne meranie a monitorovanie technického stavu v automatizovaných a robotizovaných výrobných systémoch s integrovanými prvkami „internetu vecí“, vyhodnocovanými metódami umelej inteligencie zapadajúcimi do konceptu Industry 4. Autor v habilitačnej práci zosumarizoval poznatky z danej oblasti. Teoretické a vlastné poznatky získané pri riešení konkrétnych výskumných úloh na Katedre automatizácie a výrobných systémov demonštroval na diagnostike vybraných parametrov meracieho zariadenia pätkových lán pre firmu VIPO a.s. Partizánske a overení volumetrickej analýzy na dvoch priemyselných robotoch. Publikované výsledky vedeckej práce autora v karentovaných časopisoch, podané patentové prihlášky a výsledky výskumu implementované do reálnych aplikácií svedčia o aktuálnosti výskumu v tejto oblasti. O aktuálnosti témy habilitačnej práce svedčí aj pomerne veľký záujem výskumných aktivít univerzitných a priemyselných vedecko výskumných pracovísk, ktorých prehľad autor uviedol v úvode práce.

### CIELE PRÁCE:

Posudzovaná habilitačná práca sa zaoberá aktuálnou problematikou diagnostikovania technického stavu objektov nedeštruktívnymi bezmontážnymi metódami a relevantnými technickými prostriedkami. Práca sumarizuje vedeckú činnosť a riešenie konkrétnych aplikačných výskumno-vývojových úloh riešených habilitantom najmä v oblasti presnosti strojov a zariadení. Získané výsledky z diagnostikovania vybraných parametrov navrhol habilitant implementovať do algoritmov riadiacich systémov a tak kompenzovať identifikované nepresnosti. Uvedenú metódu aplikoval na realizované zariadenie pre VIPO a.s. Partizánske určené na meranie a kontrolu kvality pätkových lán pre pneumatiky. Na riešenie problematiku

autor podáva vysoko odborný a erudovaný pohľad, ktorý rozširuje znalostnú bázu v odbore strojárstvo a má význam aj pre odbornú prax. Cieľ habilitačnej práce bol splnený a vhodne prezentovaný.

## **OBSAH PRÁCE:**

Habilitačná práca má 121 strán, 61 obrázkov, 2 tabuľky, 109 publikovaných zdrojov uvedených na konci práce v časti „Referencie“, ktoré sú abecedne zoradené a nie sú očíslované. Práca je napísaná logicky, prehľadne s dodržiavaním zaužívanej terminológie, má stabilnú štruktúru a hlavné línie sledujú dosiahnutia vytýčeného cieľa. Po grafickej stránke je práca napísaná na požadovanej úrovni. Zistené formálne nedostatky (dve kapitoly s číslom 1., nesprávne označenie technických noriem, odlišné od označenia v referenciách, preklepy v texte, atď.) považujem za chyby, ktoré nemajú významný vplyv na výsledky práce. Práca je členená do štyroch kapitol: Výskum a vývoj v oblasti, Technická diagnostika, Vybrané metódy technickej diagnostiky, Presnosť a nepresnosť, ktoré sú doplnené úvodom, záverom a referenciami. V prvej kapitole autor uvádza prehľad pracovísk v SR, ČR a Európe, zaoberajúcich sa technickou diagnostikou a jej aplikáciami. V druhej kapitole, ktorá je označená opäť číslom 1, zhrnul a spracoval známe poznatky v danej oblasti, najmä opísal základné pojmy, prístupy, metódy, pomôcky a zariadenia používané v technickej diagnostike. V tretej kapitole, označenej číslom 2, sa venuje vybraným metódam technickej diagnostiky. Pomerne detailne sa venoval trom metódam, a to vibrodiagnostike, tribodiagnostike a termodiagnostike. Hlavný prínos práce je zhrnutý vo štvrtej kapitole, označenej číslom 4, „Presnosť a nepresnosť“. V úvode tejto kapitoly analyzuje základné pojmy presnosť a nepresnosť, chyby merania, presnosť súčiastky a presnosť strojov a zariadení. Vzhľadom nato, že táto kapitola, v ktorej autor predstavuje autonómnu výskumno-vývojovú činnosť sa javí z celej práce ako najpodstatnejšia, som názoru, že sa analýze uvedených oblastí, mohol venovať detailnejšie. Autor sa nezaoberal matematickým aparátom pre vyjadrenie neistôt pri meraní, iba sa stručne odvolal na technické normy ISO 21748:2017 a ISO 5725:1994, čo sa mi javí ako nedostatočné, rovnako ako aj tvrdenie: „Pokiaľ sú dodržané predpísané podmienky merania, zvyčajne stačí vykonať jedno meranie sledovanej veličiny či parametra.“ Ak by sa autor zoberal dokumentami BIPM JCGM 100:2008 – „Vyhodnotenie výsledkov merania Príručka pre vyhodnotenie neistoty merania“ a JCGM GUM-6:2020 – „Návod na vyjadrenie neistoty pri meraní – Časť 6: Vývoj a používanie modelov merania, pojednanie o vyhodnotení nameraných údajov a neistôt merania“ závery by boli teoreticky hodnotnejšie. Pozitívne hodnotím záverečnú časť kapitoly a to 3.4 „Meranie presnosti polohovania“, v ktorej autor predstavuje oblasť výskumu a dosiahnuté výsledky v riešených úlohách, na ktorých realizácii sa osobne podieľal. Ako už bolo spomenuté vyššie, išlo o vývoj meracieho zariadenie pre kontrolu kvality pätkových lán. Pre dosiahnutie požadovanej presnosti bolo potrebné zrealizovať merania presnosti polohovania v horizontálnej osi, pomocou laserového interferometra Renishaw XL-80 s kompenzačnou jednotkou XC-80 a overenie rýchlosti pohybu rotačného stola. Namerané hodnoty boli vyhodnotené v súlade s technickou normou ISO 230-4 - „Stanovovanie presnosti a opakovateľnosti nastavenia polohy číslicovo riadených osí“, prehľadne spracované pomocou tabuliek a grafov. Prínosom je úprava riadiaceho softvéru zariadenia o možnosť kompenzácie chýb lineárneho polohovania laserových profilometrov, čím zariadenie dosiahlo požadovanú presnosť. Významná časť kapitoly je venovaná meraniam pracovných charakteristík priemyselných robotov pomocou lineárneho snímača posuvu Renishaw Ballbar QC20-W a vyhodnotených vlastnou metódou navrhnutou na pracovisku habilitanta. Významným prínosom je rozšírenie využitia lineárneho snímača, ktorý bol navrhnutý na meranie geometrických chýb CNC obrábacích strojov s kinematickou štruktúrou využívajúcou karteziánsku sústavu na meranie ľubovoľného číslicovo riadeného zariadenia schopného vykonávať kruhový alebo aspoň polokruhový pohyb. Navrhnutú metodiku habilitant overil na meraní pohybu ramena na dvoch priemyselných

robotoch Fanuc LR Mate 200 iD a LR Mate 200iD/7L. Namerané hodnoty boli prehľadne spracované a vhodne prezentované. Habilitant v tejto časti svojej práci s vysokou erudíciou a exaktnosťou vedecky interpretoval získané výsledky meraní a identifikoval jednotlivé faktory vplývajúce na charakteristiky polohy analyzovaných zariadení.

### **METÓDY SPRACOVANIA HABILITAČNEJ PRÁCE:**

Použitie vedecké prístupy boli správne zvolené a správne aplikované, čo svedčí o komplexných znalostiach nielen z odboru strojárstva, ale i matematiky, mechatroniky a počítačového programovania. Habilitant odborne a pedagogicky erudovane prezentoval súhrn teoretických poznatkov z technickej diagnostiky, ktoré implementoval do svojej vedecko-výskumnej činnosti a riešenia výskumných úloh pre hospodárske organizácie.

### **PRÍNOS PRE ĎALŠÍ ROZVOJ VEDY A TECHNIKY:**

Habilitačná práca prispieva k rozvoju vedného odboru strojárstvo v oblasti riešenej problematiky, a to rozšírením jej znalostnej bázy, ktorá je spracovaná v ucelenom a logicky usporiadanom súbore poznatkov o prístupoch, metódach a postupoch technickej diagnostiky. Výstupy habilitačnej práce je možné využiť tiež v pedagogickej činnosti, nakoľko spracované poznatky v oblasti súčasného stavu sú vhodným podkladom pre prípravu kvalitnej študijnej literatúry. Prínos habilitačnej práce pre podnikovú prax spočíva v navrhnutých postupoch merania presnosti strojov a zariadení s využitím metód publikovaných v technických normách ale hlavne metódou a softvérom spracovaným na pracovisku KAVS, na ktorej sa habilitant osobne podieľal a aplikoval do výskumu zariadenia na hodnotenie kvality pätkových lán pre VIPO a.s.

### **OTÁZKY K RIEŠENEJ PROBLEMATIKE:**

1. Aké predpokladáte trendy využívania strojového videnia a prvkov umelej inteligencie v technickej diagnostike?
2. Ako ovplyvní IoT (internet vecí) presnosť a spoľahlivosť strojov a zariadení?
3. Aké zdroje neistoty ste identifikovali pri meraní laserovými profilovými skenermi použitými v prototypu meracieho zariadenia na meranie a kontrolu kvality pätkových lán?

### **ZÁVEREČNÉ HODNOTENIE HABILITAČNEJ PRÁCE:**

Námet habilitačnej práce je aktuálnou témou z hľadiska súčasného stavu odboru a tematicky patrí do odboru strojárstva. Postup a metódy spracovania habilitačnej práce sú vhodne zvolené a vysoko aktuálne vzhľadom na potrebu merania a hodnotenia technického stavu rôznych objektov, súčiastok, strojov a zariadení atď.

Z dostupných informácií konštatujem, že habilitačná práca nie je opakovaním dizertačnej práce.

Podstatné časti habilitačnej práce a výsledky boli publikované na dostatočnej úrovni a presahujú kritéria stanovené na habilitačné konanie ( 5 ADC, 1 ABC, 5 patent. prihláška, 6 úžitkový vzor).

Pozitívne hodnotí, výsledky vedeckej práce autora, publikované v recenzovaných časopisoch (5 ADC, 1 ABC, 6 AGJ). Konštatujem, že publikačné výstupy súvisiace s habilitačnou prácou sú publikované vo vedeckých recenzovaných časopisoch v dostatočnom rozsahu.

Zoznam prác autora preukazuje, že ide o pracovníka s výraznou vedeckou erudíciou, dokladuje to aj tým, že plní požadované kritéria vedeckovýskumných aktivít (V1 – 2/6, V2 – 5/20).

Forma habilitačnej práce preukazuje veľmi dobré didaktické schopnosti autora a habilitačnú prácu bude možné využiť v pedagogickej praxi pre viaceré predmety v študijnom odbore Strojárstvo.

Odozva vedeckej komunity na doterajšiu prácu a činnosť je dokumentovaná prostredníctvom citačných ohlasov na vedecké práce autora, ktoré sú zaznamenané v databázach WoS (147) a Scopus (178).

Habilitačná práca Ing. Miroslava Císara, PhD. spĺňa všetky kritéria stanovené Vedeckou radou Strojníckej fakulty Žilinskej univerzity v Žiline a na základe uvedeného hodnotenia a po úspešnom obhájení

**odporúčam**

menovanému udeliť vedecko-pedagogický titul **docent** v odbore habilitácie a inaugurácie **Strojárstvo**.

V Žiline dňa 22.3.2022

prof. Ing. Andrej Czán, PhD.