

## Oponentský posudek disertační práce

---

Název disertační práce: **Integrovatelný diagnostický systém pro metrologii s diagnostikou**  
Doktorand: **Ing. Jan K u t l w a š e r**  
Pracoviště: Katedra technologie obrábění  
Fakulta strojní  
Západočeská univerzita v Plzni  
Studijní program: N2031 Strojní inženýrství

Oponent: **doc. Ing. Štěpánka Dvořáčková, Ph.D.**  
Pracoviště: Katedra obrábění a montáže  
Fakulta strojní  
Technická univerzita v Liberci

Doktorand se ve své disertační práci věnuje **návrhu integrovatelného manipulačního zařízení s možností diagnostiky polohy měřené součásti v rámci měření drsnosti povrchu**. Disertační práce obsahuje 75 stran, z toho 54 stran je věnováno samotné řešené problematice. Práce je rozdělena do základních 8 kapitol – Úvod, 6 číslovaných kapitol obsahující stať práce (popis cílů práce, rozbor současného stavu, experimentální část) a Závěr. Nedílnou součástí práce je seznam literární zdrojů (odkaz na 44 použitých pramenů) a vlastní publikační aktivita. Součástí práce je 5 označených příloh, které obsahují naměřená data ve formě tabulek a jeden protokol z kontrolního měření etalonu.

### Zhodnocení významu pro obor

Práce má přispět k rychlejšímu a přesnějšímu měření drsnosti povrchu vrtaných či vystružovaných děr. Výsledkem práce je inženýrské dílo na dobré úrovni. **Význam práce z pohledu oboru metrologie vidím zejména v řešení problému.**

### Vyjádření k postupu řešeného problému, k použitým metodám, ke splnění stanoveného cíle

**Chybí důkladný rozbor současného stavu poznání.** Na základě rozboru měl být vyspecifikován směr výzkumu či bádání s následným zpracováním v dalších částech práce.

Současnému stavu poznání dané problematiky se autor věnuje v posledním odstavci na straně 13 v *Úvodu* samotné práce a dále pak pokračuje s neurčitostí na stranách 15 – 22, v rámci kapitoly 2 s názvem *Rozbor současného stavu*. Autor však v této kapitole, v podkapitolách 2.1 – 2.3, jen opisuje to co je dlouhodobě obecně známé (princip měření

informace o autorem navrhnutém snímacím senzoru – webkameře. Jelikož se jedná o velmi důležitý prvek celého měřicího systému, předpokládala bych od autora práce, že danému snímacímu senzoru bude věnovat více pozornosti, např. bude řešit problematiku optického zkreslení obrazu snímané webkamerou, atd.. Podkapitola 5.2 *Návrh algoritmu diagnostiky polohy osy díry vůči senzoru* (strana 60 – 62) obsahuje 2 důležité obrázky (každý na jednu celou stranu) označené jako *Obrázek 44* a *45* bez jakéhokoliv popisu. Chápu, že jde o algoritmus, ale bylo by vhodné alespoň nějaké stručné vysvětlení. Podkapitolu 5.3 s názvem *LabVIEW* tvoří 3 strany (strana 63, 64 a 65) z toho 1,5 strany tvoří obecné informace o programu LabVIEW a zbytek tvoří „nějaké“ informace o algoritmu a obrázky v anglickém jazyce, opět bez jakéhokoliv popisu. Kapitola není nějak uzavřena – shrnutí jak pracuje výsledný autorem naprogramovaný algoritmus, zda byl ověřen v rámci dalších měření, atd... Ani není zřejmé, zda autor vytvořil algoritmus sám, nebo zda byl vytvořen někým jiným.

Kapitola 6 s názvem *Návrh celkové integrace stolku do zařízení* ukončuje celou zřejmě experimentální práci autora.

Po kapitole 6 následuje hned *Závěr*, ve kterém autor stručně shrnuje výsledky práce.

#### **Chybí Diskuze výsledků.**

V závěru práce je jen velice stručně vyjádřeno, jak autor navrhuje pokračovat v této problematice resp. na co se v budoucnu soustředit z hlediska výzkumu této problematiky.

**V práci chybí stanovení nejistoty měření k sestavenému systému.** U každého měřidla, měřicího systému musí být uvedena nejistota měření! Autor se tímto v práci vůbec nezabýval.

#### **Stanovisko k výsledkům disertační práce a původního konkrétního přínosu disertanta**

V předložené disertační práci chybí, popř. jsou zcela nedostatečně zpracovány podstatné části práce. **Chybí rozbor současného stavu poznání tj. analýza dosavadních výsledků k problematice** vlivu vyosení doteku měřicí sondy profilometru z osy měření. **Chybí metodika měření a hodnocení vyosení snímače, metodika návrhu řešení.** Zcela **chybí diskuze výsledků.** A to opomím, že **v práci zcela chybí porovnání dosažených výsledků s výsledky jiných autorů na dané téma.**

Pokud jde o systém s diagnostikou, jak autor uvádí, je nutné u každého měřicího systému **stanovit nejistoty měření, to v práci také chybí.**

#### **Další vyjádření**

1. Chybějí odkazy na literaturu u obrázků označených jako *Obrázek 2 – Obrázek 8*.
2. Přípomínku lze mít dále ke kvalitě obrázků označených jako *Obrázek 3 – Obrázek 8*, obrázky jsou rozostřené, nekvalitní. *Obrázek 30* je špatně čitelný (malá písmena).

2. Na straně 13 je v Úvodu práce dále uvedeno: „U některých skokových změn drsnosti povrchu byl zjištěn vliv technologie, u několika případů však vliv technologie nebyl patrný. Z toho vyplývá hypotéza, že vyšší hodnota měření byla způsobena jiným vlivem, například vyosením senzoru měřicího přístroje mimo osu měřené díry“.

***Prosím o vysvětlení „vyšší hodnota měření byla způsobena jiným vlivem, například vyosením senzoru měřicího přístroje mimo osu měřené díry“ – jiný vliv nemohl mít vliv?***

3. V disertační práci, jak už bylo uvedeno výše, bohužel postrádám rozbor současného stavu poznání – předchozích výsledků (od jiných autorů) s ohledem na závěry a zkušenosti. Autor však uvádí na straně 20 v rámci věty „Na základě rešerše odborné literatury na úrovni norem, příruček, manuálů, česky psané literatury, zahraničních publikací se dá říci, že neexistují žádné studie, které by detailně řešily vliv vyosení snímače na hodnotu měřeného parametru struktury povrchu“.

***Proč se autor neuvedl alespoň bližší výsledky a závěry z předešlých prací z autorem provedené rešerše?***

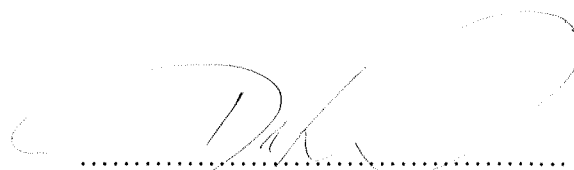
4. Jak autor řešil problematiku optického zkreslení obrazu snímané webkamerou (podkapitola 5.1 *Návrh diagnostického systému*).

***Prosím, zdali by se autor mohl k tomu vyjádřit.***

5. Výsledkem práce je jak autor uvádí (strana 67) návrh „manipulačního systému s diagnostikou“, který byl již částečně ověřen „na základě soudobých vědeckých přístupů“.

***Prosím o vysvětlení a konkretizování jaké soudobé vědecké přístupy autor myslí.***

V Liberci dne 31. 10. 2017



doc. Ing. Štěpánka Dvořáčková, Ph.D.  
Technická univerzita v Liberci

## Oponentský posudek disertační práce

---

Název disertační práce: **Integrovatelný diagnostický systém pro metrologii s diagnostikou**

Doktorand: **Ing. Jan Kutlwašer**

Pracoviště: Katedra technologie obrábění  
Fakulta strojní  
Západočeská univerzita v Plzni

Studijní program: N2031 Strojní inženýrství

**Oponent:** **doc. Ing. Štěpánka Dvořáčková, Ph.D.**

Pracoviště: Katedra obrábění a montáže  
Fakulta strojní  
Technická univerzita v Liberci

Po důkladném a nezávislém posouzení předložené disertační práce s názvem „Integrovatelný diagnostický systém pro metrologii s diagnostikou“ doktoranda Ing. Jana Kutlwašera z Fakulta strojní, Západočeské univerzity v Plzni,

**- d o p o r u č u j i -**

práci k obhajobě a žádám o zodpovězení mnou vznesených dotazů.

Současně s tímto doporučením a v souladu s ustanovením §47, odst. 5) zákona č. 111/1998 Sb. ve znění pozdějších předpisů zákona 137/2016 Sb., doporučuji komisi pro obhajobu disertační práce Ing. Jana Kutlwašera udělení titulu „doktor“ ve zkratce „Ph.D.“ uváděné za jménem.

V Liberci dne 31. 10. 2017

**Technická univerzita v Liberci**

Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže  
Studentská 2  
461 17 LIBEREC

.....  
doc. Ing. Štěpánka Dvořáčková, Ph.D.  
Technická univerzita v Liberci

## Oponentní posudek k obhajobě disertační práce

**Jméno:** Ing. Jan Kutlwašer

**Název disertační práce:** Integrovatelný manipulační systém pro metrologii s diagnostikou

**Školitel:** doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.

**Studijní obor:** Strojírenská technologie - technologie obrábění

**Oponent:** Ing. Libor Beránek, Ph.D.

- a) Cílem předložené disertační práce s názvem Integrovatelný diagnostický (manipulační) systém pro metrologii s diagnostikou je navrhnout integrovatelný manipulační stolek, který nalezne uplatnění v laboratoři Katedry technologie obrábění a nahradí současný manipulační stolek. Dílčími cíli jsou zjištění vlivu vyosení snímače na měřenou hodnotu parametrů struktury povrchu, konstrukce manipulačního stolku, návrh diagnostiky polohy díry vůči senzoru a návrh celkové integrace stolku do měřicího stroje. Problematika ustavování a vyrovnávání dílů při měření na profiloměrech je aktuální v průmyslové praxi, kde je také dodavateli měřicí techniky řešena. Posouzení vlivu vyosení snímače na jednotlivé parametry profilu drsnosti má význam pro zlepšení opakovatelnosti procesů kontroly kvality povrchu.
- b) Jako motivaci pro vznik disertace autor uvádí analýzu série naměřených dat v rámci výzkumného projektu, u kterých část výsledků nápadně vystupovala z řady hodnot a předkládá hypotézu, že odlehle hodnoty mohou být způsobeny například vyosením senzoru měřicího přístroje mimo osu díry. Tato data ani výsledky zmíněné analýzy ovšem nejsou v práci uvedeny.

Rozbor současného stavu řešené problematiky je popsán na stranách 15-22, přičemž na 5ti stranách je popis definic základních parametrů profilu povrchu. Ač je cílem práce vývoj systému pro ustavení a vyrovnání dílu při měření profilu povrchu, nejsou zde zmíněna již existující řešení této problematiky.

Jedním z dílčích cílů je experimentální posouzení vlivu vyosení snímače při měření parametrů drsnosti povrchu. Autor navrhl a realizoval experiment, který měl za úkol posoudit vliv vyosení snímače nicméně nastavení poslední úrovně faktoru vyosení na hodnotu 4mm na díře s poloměrem 5mm vedlo ke kolizi snímače se stěnou měřené díry. Autor však postupoval správně a tyto výsledky z následné analýzy vyloučil.

Než přistoupil k analýze rozptylu měřených dat metodou ANOVA, autor práce správně ověřil předpoklady použití této metody, tzn., použil test normality a test shody rozptylů. V rámci analýzy výsledků nicméně není popsáno, jakým způsobem byla analýza rozptylu provedena, a jsou prezentovány rovnou závěry, ze kterých je patrné, že faktor vyosení má prokazatelný vliv na hodnotu parametrů drsnosti. Jelikož v další části byl využíván sw. Design Expert, mohu se pouze domnívat, že uvedené analýzy byly prováděny právě v tomto sw.



Po tomto screeningovém experimentu byl navržen další, faktoriální se 4mi faktory přičemž jeden z nich, vyosení snímače byl numerický s 5ti úrovněmi. Jako responsní veličiny byly zvoleny parametry základního profilu, profilu drsnosti i profilu vlnitosti. Při volbě experimentu zvolil autor metodu odpovědní plochy (Response surface). Po podrobné analýze výsledků autor dospěl k závěru, že: „Modelování rozdílů hodnoty v ose díry a ve vyosení snímače nepřineslo kýžený výsledek“ a přistoupil k návrhu třetího experimentu, jež je včetně výsledků shrnut v tabulkách 20, 21 a 22.

Z provedených experimentů autor stanovil maximální hodnotu vyosení na 0,24mm jakožto hodnotu, kterou musí manipulační stolek ve spojení s diagnostickým systémem, jinými slovy odměřováním, zajistit. V této experimentální části práce mi chybí větší diskuse dosažených výsledků, které by pomohlo i grafické znázornění jednotlivých náměrů.

Kapitola 4 se poté věnuje vlastnímu návrhu konstrukce motorizovaného manipulačního stolku, který jde v duchu hlavního cíle práce a to navrhnout integrovatelný manipulační stolek, který nalezne uplatnění v laboratoři Katedry technologie obrábění a nahradí současný manipulační stolek.

Uvažovány byly 4 konstrukční varianty, pro které bylo vypracováno hodnocení variant formou bodování jednotlivých kritérií cena, přesnost, nutnost údržby, hmotnost a výška. Pro vybranou variantu byl zpracován konstrukční návrh včetně kontrolních výpočtů mechanické části a polohovací stolek byl vyroben.

- c) Hlavním výsledkem disertační práce je konstrukce a výroba vlastního polohovacího stolu s návrhem systému pro odměřování polohy otvoru vůči snímači měřicího přístroje. V rámci dílčího cíle, kdy byl studován vliv vyosení snímače na vybrané parametry profilu povrchu, byly navrženy a zrealizovány celkem 3 experimenty s využitím moderních postupů DOE. U provedeného vyhodnocení ovšem chybí např. grafické zobrazení jednotlivých závislostí, a ač je v rámci posledního experimentu odkazováno na tabulky obsahující matematické modely pro jednotlivé parametry, nebyl jsem tyto modely v práci najít.
- d) V následující části posudku formuluji několik dotazů, které by bylo vhodné zodpovědět při obhajobě práce. Z pohledu formálního práce obsahuje několik nejasností, vyskytují se zde drobné překlepy viz. R-Squared na straně 36. Pro volbu kubického modelu se autor odkazuje na data z preexperimentu na obrázku 7 (viz. str 34), nicméně obrázek 7 popisuje parametr  $R_c$ . **O jakých datech autor hovoří, pokud se odkazuje na tvar křivky pro volbu kubického modelu?**

V práci je např. uvedeno: “Vyhodnocení by mělo být provedeno na pěti po sobě jdoucích základních délkách, proto senzor na povrchu urazí vzdálenost  $l_n=5 \times l_r$ ” což neodpovídá realitě, měřená dráha se od vyhodnocované délky vždy liší o tzv. náběh a doběh což potvrzuje i obr. 3.

Autor na str. 43 konstatuje, že matematické modely jsou sestaveny pro každý parametr v Tabulkách 14 a 15. Nicméně ani v jedné z uvedených tabulek nevidím sestavený matematický model pro kterýkoli z parametrů. **Jak vypadá matematický model pro parametr  $R_a$ ?**

Jak provádíte „sesouhlasení“ snímače přístroje s T drážkou v základové desce (viz str. 58)?

Při volbě snímacího systému kamery uvádíte princip teoretického ověření přesnosti kamery, zrealizoval jste jej? Dále v závěru práce na str. 67 uvádíte, že zvažujete provedení testů kvality odměřování metodou MSA, můžete prosím konkrétně uvést postup, jak byste takovouto analýzu provedl?

Jakým způsobem byl kamerový snímač vyrovnán se středem drážky na základové desce přístroje (str. 60)? Jak je řešeno výškové polohování kamery?

Jaké jsou hodnoty parametrů cena, přesnost polohování, nutnost údržby, hmotnost, výška pro jednotlivé konstrukční varianty, na základě kterých jim byly udělovány body? (viz. Tabulka 17).

Vysvětlete prosím morfologickou matici na obr. 32.

- e) Publikační činnost autora, která se vztahuje k dané problematice, čítá 5 prací přímo se vztahujících k tématu disertace a dále 19 publikací, které se k tématu disertace nevztahují. Disertant je spoluautorem celé řady průmyslových vzorů, prototypů, funkčních vzorů a ověřených technologií což svědčí o jeho nadprůměrné aktivitě v rámci výzkumných a vývojových projektů.
- f) Disertační práci doporučuji k obhajobě a po zodpovězení výše uvedených dotazů doporučuji udělení titulu Ph.D.



V Praze dne 20.11. 2017

Ing. Libor Beránek, Ph.D.