

**STANOVISKO**

**habilitačnej komisie na vymenovanie**

**Ing. Miroslava Šulka, PhD.**

**za docenta v odbore habilitačného konania a inauguračného konania aplikovaná mechanika (v zmysle právnych predpisov platných od 22. 2. 2021 v študijnom odbore strojárstvo, v habilitačnom konaní a vymenúvacom konaní) na Strojníckej fakulte STU v Bratislave**

**1. Základné údaje o uchádzačovi**

Meno:	Miroslav Šulko
Dátum a miesto narodenia:	06. 04.1979 v Bratislave
Pracovisko:	Ústav aplikovanej mechaniky a mechatroniky, Strojnícka fakulta STU v Bratislave
Akademické a vedecké hodnosti:	Ing. – 2002 – Slovenská technická univerzita v Bratislave, Strojnícka fakulta, aplikovaná mechanika  PhD. – 2009 – Slovenská technická univerzita v Bratislave, Strojnícka fakulta, aplikovaná mechanika
Žiadosť o zahájenie habilitačného konania:	predložená dekanovi Sjf STU v Bratislave dňa 15.08.2023 spolu so všetkými požadovanými prílohami

**2. Názov habilitačnej práce**

Nedeštruktívna diagnostika mechanických vlastností kovových materiálov

**3. Názov habilitačnej prednášky**

Diagnostika kumulácie únavového poškodenia

**4. Termín a miesto konania obhajoby habilitačnej práce**

5. december 2023 o 08:00 hod.,  
Strojnícka fakulta STU v Bratislave,  
miestnosť 004

**5. Termín a miesto konania habilitačnej prednášky**

5. december 2023 o 10:10 hod.,  
Strojnícka fakulta STU v Bratislave,  
miestnosť 023

## **6. Stanovisko oponentov habilitačnej práce**

Za oponentov habilitačnej práce Ing. Miroslava Šulka, PhD. boli na základe Uznesenia č. 53 Vedeckej rady SJF STU v Bratislave zo dňa 26.09.2023 menovaní:

**prof. Ing. Milan Sokol, PhD.**, Stavebná fakulta STU v Bratislave

**doc. Ing. Miroslav Kepka, CSc.**, Fakulta strojní, Západočeská univerzita v Plzni, ČR

**doc. Ing. Peter Polák, PhD.**, Prvá Zváračská a.s.

Všetky tri oponentské posudky sú kladné s odporúčaním vymenovať habilitanta po úspešnej obhajobe za docenta v odbore habilitačného konania a inauguračného konania aplikovaná mechanika podľa § 35 ods. 4 Zákona č. 269/2018 Z. z. (v zmysle právnych predpisov platných od 22. 2. 2021 v študijnom odbore strojárstvo, v habilitačnom konaní a vymenúvacom konaní). Oponenti pozitívne hodnotili aktuálnosť zvolenej témy a zameranie habilitačnej práce. Všetky oponentské posudky vyzdvihli mimoriadnu aktuálnosť zvolenej témy a konštatovali, že výsledky práce sú perspektívne a vytvárajú potenciál pre ďalší výskum. Konštatujú, že práca má vysokú vedecko výskumnú úroveň, technický význam a nezanedbateľný ekonomický kontext. V rámci experimentálnych postupov bolo využité jedinečné vybavenie pracoviska, navrhnuté zovšeobecnenia výsledkov boli tiež hodnotené veľmi pozitívne. Využitie výsledkov realizovaného výskumu je široké a nie je ohraničené len na strojársku konštrukcie, ale určite nájde uplatnenie aj v príbuzných odboroch.

**prof. Ing. Milan Sokol, PhD.**, Stavebná fakulta STU v Bratislave

Predložená habilitačná práca sa venuje stanoveniu mechanických vlastností kovových materiálov, čo je veľmi dôležitá úloha pre riešenie takých problémov ako je stanovenie zvyškovej životnosti konštrukcií, stanovenie úrovne únavového poškodenia materiálu v prevádzke, prípadne určenie správnych metód a postupov údržby a starostlivosti o konštrukcie.

Preto sú možnosti nedeštruktívneho určenia parametrov materiálov veľmi prínosné a v praxi žiadané. Využitie výsledkov takéhoto výskumu je široké a nie je ohraničené len na strojársku konštrukcie, ale určite nájde uplatnenie aj v príbuzných odboroch ako napr. v stavebníctve pri skúmaní oceľových konštrukcií, najmä mostov.

Predložená práca je spracovaná na dobrej formálnej a grafickej úrovni. Má celkovo 77 strán a je logicky členená do deväť kapitol.

Autor použil kombináciu experimentálnych a numerických metód pre stanovenie hľadaných parametrov. V rámci experimentálnych postupov využil jedinečné vybavenie pracoviska, ktoré je vybavené okrem iného aj najnovším digitálnym mikroskopom. Využil Brinellovú skúšku tvrdosti na určenie viacerých mechanické vlastnosti skúmaných ocelí, a to bez odberu materiálu a len s minimálnym poškodením povrchu.

Po overení navrhnutých metód pre zisťovanie vybraných mechanických vlastností materiálov urobil aj príslušné štatistické vyhodnotenia a navrhol zovšeobecnenia postupov, čo považujem za veľmi prínosné. Pri analýze vtláčku si autor všimol, že okrem priemeru je dôležitý aj nový parameter a to je elevácia alebo pokles okraja vtláčku, ktorý silne súvisí s pomerom medze pevnosti voči medzi klzu a s ťažnosťou. To umožňuje hľadať súhrn troch parametrov ( $R_e$ ,  $R_m$ , modul spevnenia) pomocou FEM a tak dospieť pre neznámy materiál k pomerne relevantným hodnotám týchto parametrov ťahovej krivky. Takéto postupy sú už istým aplikačným výskumom, a možno ich použiť napríklad aj pre určenie neznámych materiálov potrubí atď. Ďalej vytipoval a experimentálne preukázal súvislosti tvrdosti povrchu so stupňom únavového poškodenia, a to pre viaceré materiály, čo bolo aj úspešne publikované. V tomto smere výskumu odporúčam pokračovať.

V záverečnej časti práce sa autor venuje tomu, ako vplýva únavové poškodenie na mechanické vlastnosti skúšaných ocelí, čo viedlo k návrhu metodiku diagnostiky v praxi. Habilitant splnil všetky kritériá pre habilitačné konanie. Predložená habilitačná práca zodpovedá požiadavkám na udelenie vedecko-pedagogického titulu docent v odbore Strojárstvo, v študijnom programe Aplikovaná mechanika, preto **odporúčam**, aby bol Ing. Miroslavovi Šulkovi, PhD., po úspešnej obhajobe habilitačnej práce udelený vedecko-pedagogický titul docent.

**doc. Ing. Miroslav Kepka, CSc.**, Fakulta strojní, Západočeská univerzita v Plzni, ČR

Habilitační práce má 77 číslovaných stran, obsahuje úvod, cíle práce, úvodní analýzu problematiky, několik podrobně členěných odborných kapitol a závěr. Obsahuje seznam použitých označení, velkou škálu kvalitních obrázků, dobře doplňujících odborný text. V tomto smyslu je habilitační práce systematicky a přehledně zpracovaná.

Těžiště práce leží v kapitolách 4 až 7 a 9. V těchto odborně zaměřených kapitolách se autor nejprve věnoval:

- metodice řešení, kterou založil na vtláčování indentoru kulového tvaru do povrchu materiálu, s cílem odhadnout parametry tahové křivky;
- matematickému modelování vtláčování indentorů do povrchu materiálu a poznatkům z realizovaných výpočtů;
- experimentálnímu porovnání výpočtů s vlastními experimenty provedenými s různými typy ocelí;
- zhodnocení navržené metodiky.

V druhé polovině práce se autor zaměřil na metodiku měření únavového poškození v provozně exponovaném materiálu. Výzkum v tomto případě založil na poznatcích z laboratorních únavových zkoušek. Provedl statistické vyhodnocení experimentálních výsledků

a pokusil se o zevšeobecnění výsledků metodou korelační analýzy. Interpretovány byly získané poznatky a formulována doporučení pro aplikaci navržených metodik.

Práce je dokladem toho, že její autor má předpoklady stát se mezinárodně respektovanou osobností v komunitě vědců, zabývajících se nedestruktivnímu testování materiálů exponovaných konstrukcí a zařízení s cílem hodnocení jejich provozní spolehlivosti, plánování jejich oprav a údržby, předcházení jejich haváriím v důsledku překročení např. mezního stavu únavového poškození.

Po formální i obsahové stránce splňujepředložená práce podmínky kladené na habilitační práci. Po odborné stránce na práci oceňuji zejména tyto dvě skutečnosti:

- 1) Kromě průměru vtisku byl identifikován „val“, resp. pokles okraje vtisku a jeho souvislost s poměrem meze pevnosti vůči mezi kluzu a tažností. Což umožňuje dospět pro neznámý materiál k poměrně relevantním odhadům parametrů tahové křivky.
- 2) Realizován byl časově náročný základní výzkum souvislosti tvrdosti povrchu se stupněm únavového poškození.

Předložená habilitační práce je vysoce aktuální. Na Slovensku, podobně jako u nás v Česku, je v provozu celá řada konstrukcí a zařízení na hranici projektované životnosti nebo dokonce již za ní (mostní konstrukce, potrubní systémy, těžební zařízení apod.). Další prodlužování jejich životnosti se neobejde bez kvalifikovaného posouzení jejich spolehlivosti a toto se neobejde bez znalosti alespoň základních materiálových parametrů, přičemž odběr materiálu z nejméně exponovaných míst pro klasické destruktivní zkoušky není zpravidla možný. V tomto smyslu má předložená práce nejen technický význam, ale i nezanedbatelný ekonomický kontext.

Habilitační práce pana Ing. Miroslava Šulka, Ph.D. je adekvátní k danému studijnímu oboru a je evidentně originální. Hodnotím ji jako dílo, které splňuje požadavky kladené na tento druh prací. Je syntézou teoretických znalostí a vlastního experimentálního výzkumu realizovatelného v podmínkách mateřského pracoviště. Pan Ing. Miroslav Šulko, Ph.D. podle mého názoru předloženou habilitační práci prokázal potřebné teoretické znalosti i praktické zkušenosti v oblasti nedestruktivního testování materiálů za účelem navazujícího hodnocení bezpečnosti provozu konstrukcí. Autor habilitační práce má v dané oblasti potenciál nejen k pokračování vlastního výzkumu a vývoje, ale může vhodně přispět k originální výchově studentů magisterského i doktorského studia.

Doporučuji, aby panu Ing. Miroslavu Šulkovi, Ph.D. byl udělen akademický titul „docent“.

**doc. Ing. Peter Polák, PhD.,** Prvá Zváračská a.s.

Význam výskumu v oblasti diagnostiky kovových, predovšetkým ocelových konštrukcií narastá, pretože konštrukcie v prevádzke starnú. Bežne sa stretávame s konštrukciami, ktoré sú v prevádzke dlhšie, ako je ich technická životnosť. Tu prichádza do úvahy stanovenie ich

zostatkovej životnosti. K stanoveniu zostatkovej životnosti potrebujeme poznať vlastnosti materiálu po ich transformácii doterajšími prevádzkovými vplyvmi (predovšetkým únavou a starnutím). Skúmanie otázok súvisiacich s únavou materiálu sa pokladá v celosvetovom meradle za mimoriadne dôležité, vzhľadom na jeho rôznorodosť a zložitosť konkrétnych prípadov z praxe. Súčasne je veľmi dôležité poznať aspoň základné mechanické vlastnosti materiálu v dobe stanovovania zostatkovej životnosti.

Predložená habilitačná práca je venovaná práve týmto dôležitým parametrom, nevyhnutným na vedomostné, experimentálne podložené a teoreticky fundované východiská na stanovenie bezpečnej dĺžky ďalšej životnosti konštrukcie. Konštatujem preto, že téma habilitačnej práce je mimoriadne aktuálna. Dosiahnuté výsledky sú perspektívne a vytvárajú potenciál pre pokračovanie výskumu v tejto oblasti diagnostiky výskumu.

Predložená práca ma logickú štruktúru, jednotlivé kapitoly organicky na seba nadväzujú a postup experimentálnych prác smeruje k potvrdeniu navrhnutých hypotéz. Práce je venovaná dvom na seba nadväzujúcim okruhom problémov, ktoré sú významne pri analýze procesu degradácie materiálu. Je predovšetkým štúdiom získania najdôležitejších mechanických vlastností materiálu, s minimálnym poškodením povrchu. Autorovi sa podarilo týmto spôsobom získať tri dôležité mechanické vlastnosti. Nevyhnutnou podmienkou však bolo použitie digitálneho mikroskopu poslednej generácie. Mechanické vlastnosti boli získané a overené na troch typoch ocele s relatívne dobrou koreláciou.

Druhá časť práce je vlastne pokračovaním výskumu, sústredenému na stanovenie veľkosti únavového poškodenia materiálu počas predchádzajúcej životnosti. Výskum stupňa kumulácie poškodenia únavovým procesom prebiehal na dvoch typoch konštrukčnej ocele. Bola využitá už rozpracovaná metodika s použitím Brinellovej skúšky tvrdosti. Skúšobné telesá boli pripravované definovaným únavovým ovplyvnením. Pracovnou hypotézou bola zmena mechanických vlastností na povrchu materiálu kumuláciou poškodenia cyklickým namáhaním. Ukázalo sa, že závislosti tvrdosti od únavového poškodenia sú rozdielne pre konštrukčné ocele a ocele vysokopevné. Vysoko hodnotím štatistické spracovanie získaných výsledkov s kritickým prístupom k ich zovšeobecneniu, vzhľadom na pozorované odchýlky od skutočných hodnôt (8 až 43% v prvej časti a 4,3 až 17,5% v druhej časti).

V záverečnej časti práce autor venuje pozornosť aj vplyvu únavového poškodenia na mechanické vlastnosti skúšaných ocelí a navrhuje metodiku diagnostiky v praxi.

Práca ma vysokú vedecko-výskumnú úroveň a aj po formálnej stránke spĺňa požiadavky kladené na habilitačnú prácu. Kapitoly sú vhodne členené, obrázky sú prehľadné a čitateľné.

Predložená habilitačná práca rieši problematiku, ktorej význam je v medzinárodnom meradle pokladaný za aktuálny a venujú sa mu viaceré významné pracoviská v oblasti vedeckého výskumu, ako aj svetoznáme univerzity. Viaceré časti svojho výskumu habilitant

publikoval alebo predniesol na konferenciách. Registruje aj ohlasy na výsledky svojho výskumu.

Všetky kritéria pre habilitačné konanie na Sjf STU pokladám za splnené. Predložená habilitačná práca, pedagogická aj vedecká činnosť, ako aj ohlasy na autorove práce zodpovedajú v zmysle platnej legislatívy požiadavkám na udelenie vedecko-pedagogického titulu docent v odbore habilitačného konania a inauguračného konania aplikovaná mechanika, študijnom odbore strojárstvo.

Na základe celkového hodnotenia a výsledkov, uvedených v habilitačnej práci, odporúčam, aby bol Ing. Miroslavovi Šulkovi, PhD., po úspešnej obhajobe habilitačnej práce, udelený vedecko-pedagogický titul docent.

## **7. Hodnotenie habilitačnej práce habilitačnou komisiou**

Predkladaná habilitačná práca sa zaoberá nedeštruktívnou diagnostikou neznámych mechanických vlastností kovových materiálov so zameraním sa na širšie spektrum najpoužívanejších ocelí. Prvá časť je venovaná návrhu konkrétnej metodiky, ktorá umožňuje jednoduchými postupmi bez špecializovaných zariadení identifikovať aktuálne mechanické vlastnosti materiálu konštrukcie v prevádzke. Druhá časť sa zaoberá diagnostikou únavového poškodenia naakumulovaného v povrchových vrstvách materiálu počas dlhodobej cyklickej prevádzky. Záverečná časť práce rieši aj dopad únavového poškodenia na výsledky nedeštruktívnej diagnostiky mechanických vlastností pre vybrané materiály. Navrhnuté metódy, postupy a matematické modely sú overené vykonanými experimentami.

Obhajoba habilitačnej práce sa uskutočnila za prítomnosti 3 členov habilitačnej komisie, 2 oponentov a 6 členov VR Sjf STU v Bratislave. V diskusii k prednesenej téme vystúpilo 5 členov habilitačnej komisie a Vedeckej rady Sjf STU v Bratislave. Na všetky ich pripomienky a otázky habilitant erudovane odpovedal. Komisia prerokovala a zhodnotila priebeh obhajoby habilitačnej práce a v tajnom hlasovaní všetkými hlasmi (jednomyseľne) súhlasila s úspešnou obhajobou habilitačnej práce a odporučila pokračovať v habilitačnom konaní Ing. Miroslava Šulka, PhD.

## **8. Hodnotenie habilitačnej prednášky habilitačnou komisiou**

Téma habilitačnej prednášky bola vybratá z troch navrhnutých tém rozhodnutím Vedeckej rady Sjf dňa 26.09.2023 a bola zverejnená 15.11.2023 predpísaným spôsobom na webovej stránke univerzity a v dennej tlači (v denníku SME dňa 20.11.2023). Prednáška sa konala pred členmi Vedeckej rady Strojníckej fakulty STU v Bratislave dňa 05. decembra 2023 na Strojníckej fakulte STU v Bratislave na tému Diagnostika kumulácie únavového poškodenia. V habilitačnej prednáške sa habilitant zaoberal problematikou hodnotenia stupňa únavového poškodenia v kovových materiáloch výpočtovými postupmi a experimentálnou cestou.

Hodnotenie stupňa únavového poškodenia cyklicky namáhaných zariadení je v praxi jednou z najžiadanejších oblastí nedeštruktívnej diagnostiky. Pomenované boli základné príčiny únavových lomov a popísané jednotlivé štádiá únavového procesu vrátane zmien v mikroštruktúre materiálu počas cyklického zaťažovania. Na základe popísaných degradačných mechanizmov prebiehajúcich v kovových materiáloch počas cyklického zaťažovania, bola predstavená jedna z najaktuálnejších metód nedeštruktívnej diagnostiky únavového poškodenia. Prednáška mala logickú štruktúru, z hľadiska odborného obsahu i pedagogického prístupu bola na zodpovedajúcej úrovni.

Habilitant splnil všetky odborné aj formálne požiadavky na habilitačnú prednášku. V diskusii k prednesenej téme vystúpil 1 člen Vedeckej rady Sjf STU v Bratislave. Na všetky ich pripomienky a otázky habilitant uspokojivo odpovedal. Habilitačná komisia konštatovala schopnosť habilitanta prednášať vedeckú problematiku na úrovni zodpovedajúcej pôsobeniu docenta na univerzite.

### **9. Stanovisko habilitačnej komisie k výsledkom pedagogickej, vedecko-výskumnej a odbornej činnosti**

Ing. Miroslav Šulko, PhD. je skúsený pedagóg s 20-ročnou praxou. Počas svojho pôsobenia na Strojníckej fakulte STU v Bratislave od roku 2003 vyučoval na študijnom programe aplikovaná mechanika resp. mechatronika predmety: Monitorovacie systémy, Pružnosť a pevnosť, Aplikovaná pružnosť a pevnosť, Nekonenčné materiály, Základy metódy konvenčných prvkov, MKP v mechanike kontinua a Dátové prenosy v mechatronike. Na študijných programoch aplikovaná mechanika a mechatronika viedol celkovo 40 diplomových prác a 76 bakalárskych prác. Pôsobí v komisiách pre štátne záverečné skúšky v študijnom programe aplikovaná mechanika a mechatronika a viedol aj niekoľko prác ŠVOČ.

V oblasti vedecko-výskumných aktivít je zameraný na oblasť únavovej životnosti konštrukcií v reálnej prevádzke z hľadiska výpočtového a experimentálneho hodnotenia, ďalej na oblasť pevnostných a tuhostných analýz a výpočtov a nedeštruktívnej a deštruktívnej diagnostiky konštrukcií a materiálov. Počas svojej praxe bol spoluriešiteľom množstva výskumných projektov v celkovom objeme vyše 1 mil. EUR.

Bol členom riešiteľského kolektívu v 9 výskumných projektoch z praxe. V rámci riešených projektov rozšíril Laboratórium prevádzkovej únavovej životnosti materiálov a konštrukcií, ktoré je od r. 2003 zaradené do siete unikátnych laboratórií STU. V priemyselnej praxi riešil desiatky expertíz a posudkov doma i v zahraničí.

Vo svojej publikačnej činnosti je spoluautorom 1 vysokoškolskej učebnice a 18 časopiseckých publikácií. Je spoluautorom 2 priemyselných úžitkových vzorov.

## 10. Odporúčanie pre rozhodovanie VR fakulty

Habilitačná komisia v zmysle kritérií Strojníckej fakulty STU v Bratislave a v zmysle vyhlášky MŠVVaŠ SR č. 246/2019 Z. z. o postupe získavania vedecko-pedagogických titulov a umelecko-pedagogických titulov docent a profesor, po preštudovaní predložených materiálov, na základe posúdenia pedagogického a vedeckého profilu, výsledkov habilitačnej práce, úrovne habilitačnej prednášky, na základe kladných oponentských posudkov a úspešnej obhajoby konštatuje, že

**Ing. Miroslav Šulko PhD.**

**s p í ň a**

podmienky pre vymenovanie za docenta

a

**o d p o r ú č a**

**jeho vymenovanie v odbore habilitačného konania a inauguračného konania aplikovaná mechanika (v zmysle právnych predpisov platných od 22. 2. 2021 v študijnom**

**odbore strojárstvo, v habilitačnom konaní a vymenúvacom konaní)**

**na Strojníckej fakulte STU v Bratislave**

**Predseda habilitačnej komisie**  
**prof. Ing. Jozef Bocko, CSc.**  
Strojnícka fakulta TU v Košiciach

  
.....

**Členovia habilitačnej komisie**  
**prof. Ing. Miloš Musil, CSc.**  
Strojnícka fakulta STU v Bratislave

  
.....

**prof. Ing. Alžbeta Sapietová PhD.**  
Strojnícka fakulta, Žilinská univerzita v Žiline

  
.....

**Oponenti**  
**prof. Ing. Milan Sokol, PhD.**  
Stavebná fakulta STU v Bratislave

  
.....

**doc. Ing. Miroslav Kepka, CSc.**  
Fakulta strojní, Západočeská univerzita v Plzni, Česká republika

OSPR.....

**doc. Ing. Peter Polák, PhD.**  
Prvá Zváračská a.s.

  
.....

V Bratislave 05.12.2023