



---

Název práce: **Analýzy rámových konstrukcí silničních vozidel**  
Doktorand: **Ing. Jakub Šmiraus**  
Stud. program: P2346 Strojní inženýrství  
Stud. obor: 3901V003 Aplikovaná mechanika  
Školitel: doc. Ing. Radim Halama, Ph.D.  
Oponent: doc. Ing. Petr Tomek, Ph.D.

---

Předložená dizertační práce má 120 stran vlastního textu a 7 příloh. Cílem práce je navržení metodiky vhodné pro analýzu funkční bezpečnosti mechatronického systému. Aplikovatelnost navržené metodiky je v dizertační práci prokazována na novém konstrukčním řešení systému zavěšení předního kola motocyklu. Přehled současného stavu problematiky a cíle dizertační práce jsou uvedeny v kapitolách 3 a 4. Popis metod analýzy spolehlivosti a bezpečnosti a přístupů k řešení spolehlivosti mechanických konstrukcí jsou popsány v kapitolách 5 a 6. Stěžejní část práce, tj. návrh metodiky vhodné pro analýzu funkční bezpečnosti mechatronického systému včetně ukázky její aplikace jsou řešeny v kapitolách 7, 8 a 9.

#### **Dosažení v disertační práci stanoveného cíle**

Hlavních cílů disertační práce bylo dosaženo. K hlavním cílům náleželo:

- 1) Návrh metodiky vhodné pro analýzu funkční bezpečnosti mechatronického systému.
- 2) Prokázat aplikovatelnost metodiky na novém konstrukčním řešení systému zavěšení předního kola motocyklu.

#### **Úroveň rozboru současného stavu řešené problematiky**

V kapitole č. 4 doktorand uvádí, že cíl dizertační práce byl stanoven na základě studia odborné literatury. Rozborem současného stavu se autor dizertace zabýval ve 3. kapitole. Výsledky rozboru využil ve své disertační práci ve shodě s jejími cíli. Doktorand se ale v rámci rozboru současného stavu poznání vědy a techniky zaměřil pouze na základní normy pro funkční bezpečnost (EN 61508, EN 61511, EN 13849-1 a EN 62061) a dále na specializované normy pro dopravní prostředky (EN 50129, EN 50128, ISO 26262, ISO 19695:2015 a DA 178C & DO 253). V kapitole č. 3 chybí důležitá rešerše vybraných vědeckých publikací (články, knihy apod.) z oblasti spolehlivosti (ČR i zahraniční), které se týkají dané problematiky.

### **Zhodnocení postupu řešení**

Způsob použití vědeckotechnických metod při řešení úkolu je na dobré úrovni. Doktorand správně analyzoval daný problém a navrhl jeho řešení. Bylo by však účelné, v rámci stanovení zatížení systému zavěšení předního kola motocyklu a experimentu, zahrnout i vlivy (změna směru normálové reakce při najetí kola na ostrou hranu překážky), které mohou nastat při provozu na běžných komunikacích v ČR. Zejména se jedná o hrboly, díry a překážky, které nelze na uzavřeném závodním okruhu očekávat.

### **Přínos disertační práce**

Praktický přínos dizertační práce je především v oblasti návrhu, konstrukce a schvalování mechatronických soustav. Doktorand prokázal, že navržená metodika pro vyhodnocení funkční bezpečnosti je aplikovatelná na reálný mechatronický systém. Pomocí navržené metodiky byla prokázána úroveň bezpečnosti posuzovaného konstrukčního provedení systému uchycení vidlice předního kola motocyklu.

### **Komentář a připomínky**

Práce byla vypracována přehledně a po grafické stránce pečlivě. Jednotlivé kapitoly na sebe plynule navazují. Z formálního hlediska je nutné upozornit na některé chyby a nedostatky, které zbytečně snižují úroveň dizertační práce.

- 1) V práci mi chybí seznam tabulek a obrázků. Při odkazování v textu práce na jednotlivé tabulky je potom náročné listovat a hledat, na jaké stránce se odkazovaná tabulka nachází.
- 2) V dizertační práci se vyskytují překlepy a chyby v textu, které zbytečně snižují úroveň práce. Jako příklad lze uvést často opakovanou hrubou chybu ve slově „vyplívá“ a jemu podobných slovech.
- 3) V seznamu symbolů a značení ve vzorcích jsou označeny stejným písmenem rozdílné veličiny, což by se v technickém textu nemělo vyskytovat. Bylo by proto vhodné tato shodná označení rozlišit například pomocí indexů tak, aby nebylo nutné vyvozovat význam symbolu ve vzorci z popisu v textu dizertační práce. U některých fyzikálních veličin nesouhlasí jednotky uvedené v seznamu s jednotkami použitými v dizertační práci. Jako příklad lze uvést tlak s jednotkou Pa, přičemž v textu dizertační práce je použita jednotka N/mm<sup>2</sup>.
- 4) Komentář a připomínky ke kapitole 3 viz bod posudku „Úroveň rozboru současného stavu řešené problematiky“.

- 5) Pojem mechanické napětí v materiálu je v dizertační práci velmi často používán bez jakéhokoliv upřesnění. V dizertační práci podobného typu je nutné u definice napětí jednoznačně v textu rozlišit, zdali se jedná o špičkové napětí ve vrubu, nominální napětí, amplitudu nebo rozkmit napětí. U meze vysokocyklové únavy je nutné také doplnit způsob zatěžování (střídavý ohyb, tah, tlak apod.) Některá tvrzení mohou být proto zavádějící a chybně vyložena. Viz například strana 28 první odstavec. V něm doktorand uvádí následující „...*maximální napětí v kořeni vrubu nesmí být vyšší než dovolené napětí daného materiálu*“. Dovolené napětí materiálu vychází z rovnice (6.4). Pokud je autorem dizertační práce myšleno špičkové napětí ve vrubu, jedná se o tvrzení chybné. Špičkové napětí ve vrubu slouží k vyhodnocení únavy, zatímco dovolené napětí podle rovnice (6.4) je určeno k vyhodnocení pevnosti. Vyhodnocení pevnosti a únavy nelze vzájemně zaměňovat.
- 6) Ve vztahu 6.8 na str. 28 je chybně uveden součinitel bezpečnosti  $k_e$ , který slouží k výpočtu dovoleného napětí  $\sigma_D$  (viz rovnice 6.4).
- 7) Na str. 50 Obr. 7.7 je setrvačná síla  $F_s$  chybně zakreslená do místa kontaktu kola s vozovkou namísto tečné reakce s podložkou.
- 8) K rovnicím (7.1÷7.10) by bylo vhodné uvést i obrázek se zakreslenými silami.
- 9) Na str. 58 v prvním odstavci autor uvádí „...*tenzometrický snímač, který snímá posunutí (deformaci) nosníku vidlice...*“. Na str. 62 autor dizertační práce v této souvislosti dále používá termíny deformace povrchu materiálu a poměrná deformace. Tenzometrický snímač je primárně navržen pro měření poměrných deformací  $\varepsilon$  a následnému přepočtu na mechanické napětí. Pojmy posunutí (jednotka mm), deformace a poměrná deformace  $\varepsilon$  nelze zaměňovat a používat jako synonyma.
- 10) Hodnoty mechanického napětí v Tab. 7.8 na str. 66 (porovnání výsledků MKP analýzy a výsledků provedeného experimentu) jsou dle mého názoru příliš nízké. Verifikovat model pomocí napětí o hodnotách řádově desetin MPa nepovažuji za šťastné. Bylo by vhodné provést buď měření pro vyšší zatížení, nebo zvolit jiná místa pro nalepení tenzometrů tak, aby velikosti napětí měly reálné hodnoty. Avšak cílem dizertační práce není provést verifikaci výpočtového modelu, ale pouze uvést příklad přístupu k získání údajů o spolehlivosti. Tento účel uvedený příklad splňuje.
- 11) Na str. 72 u Obr. 7.27 by bylo vhodné změnit stupnici tak, aby pole ekvivalentního napětí vykresleného na posuzované konstrukci nemělo prakticky jednolitou modrou barvu. V popisu výsledků simulace uvádíte dosažení maximálního ekvivalentního napětí o hodnotách 40 MPa – 50 MPa. Při vyhodnocení výsledků udáváte maximální hodnotu napětí 60 MPa. Není mi zcela zřejmé, kde jste hodnotu napětí 60 MPa vypočítal.
- 12) Na str. 81, 4 odstavec jsou uvedeny jako zdroj strojnické tabulky, bez odkazu na konkrétní literaturu.

- 13) Na str. 87, u vztahu (7.21) je chybně uvedená jednotka „miliony hodin“.
- 14) Na str. 95, dole odkazujete na Tab. 6.2. Tab. 6.2 jsem ale nikde nenalezl. Na str. 38 je Tab. 6.1 a další tabulka je Tab. 7.1. na str. 44.

### Otázky k obhajobě

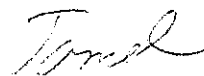
- 1) Uveďte rešerši vědeckých publikací (články, knihy apod.) z oblasti dizertační práce.
- 2) Popište rozdíl u hodnocení úrovně integrity bezpečnosti ASIL B a ASIL C.
- 3) Detailněji vysvětlete tvrzení na str. 28, první odstavec, „...*maximální napětí v kořeni vrubu nesmí být vyšší než dovolené napětí daného materiálu*“
- 4) Zdůvodněte hodnotu koeficientu (0,5÷0,6) ve vztahu 6.9 na str. 28.
- 5) Na str. 35 detailněji vysvětlete tvrzení „*Amplituda zatížení odpovídá napětím větším, než je mez kluzu materiálu.*“
- 6) Na str. 58 druhý odstavec detailněji vysvětlete význam věty „*Toto místo bylo rovnou plochou bez sražení hran a zaoblení, které by mohly ovlivňovat naměřená data*“.
- 7) Na str. 73, třetí odstavec je porovnáváno napětí 60 MPa jako výsledek simulace s mezi vysokocyklové únavy 100 MPa. Popište, o jaká napětí se jedná (viz bod 5 v připomínkách a komentářích posudku) a jakým způsobem jste zohlednil vliv kvality povrchu, vrubový účinek (koncentrace napětí), vliv velikosti součástí.
- 8) V plánu údržby a při stanovení životnosti používáte jednotku „hodiny provozu motocyklu“. Tato jednotka není u automobilů a motocyklů obvyklá. Mohl byste popsat jakým způsobem byste hodiny provozu převedl na obvyklou jednotku počty ujetých kilometrů?

### **Závěrečné vyjádření oponenta**

Téma dizertační práce zasahuje do více oborů. Rozsah dizertační práce odpovídá náročnosti řešeného úkolu. Stěžejní částí dizertační práce byl návrh metodiky vhodné pro analýzu funkční bezpečnosti mechatronického systému a prokázání její aplikovatelnosti na novém konstrukčním řešení systému zavěšení předního kola motocyklu. Část připomínek se týká uvedených příkladů přístupu k získání údajů o spolehlivosti konkrétního mechatronického systému, které, dle autora dizertační práce, nejsou hlavním cílem a předmětem řešení.

**Vzhledem k výše uvedenému předloženou dizertační práci “Analýzy rámových konstrukcí silničních vozidel“ doktora Ing. Jakuba Šmirause doporučuji k obhajobě. V případě úspěšné obhajoby doporučuji panu Ing. Jakubu Šmirausovi udělit titul Ph.D.**

V Pardubicích dne 8. 2. 2019



.....

doc. Ing. Petr Tomek, Ph.D.  
Katedra mechaniky, materiálů a částí strojů

