

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra pružnosti a pevnosti



**Analýza rámu vozidla SCX 3.5 generace**  
**Analysis of vehicle frame of SCX 3.5 generation**

Student:

Bc. Daniel Vlček

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Fusek, Ph.D.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra aplikované mechaniky

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Daniel Vlček**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 3901T003 Aplikovaná mechanika  
Téma: **Analýza rámu vozidla SCX 3.5 generace**  
**Analysis of Vehicle Frame of SCX 3.5 Generation**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte teorii související s legislativou provozu vozidel.
2. Shrňte metody a postupy související s návrhem rámu vozidla.
3. Proveďte návrh rámu a jeho pevnostní kontrolu.
4. Vyvoďte závěry a doporučení pro další návrhy.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Němec, J., Dvořák, J., Höschl, C.: Pružnost a pevnost ve strojírenství, Technický průvodce 69, SNTL, Brno, 1989.  
[2] Macura, P.: Experimentální metody v pružnosti a plasticitě, VŠB – TU Ostrava, 2001, ISBN 80-7078-934-4  
[3] Vlk, F.: Automobilová technická příručka. 1. vyd. Brno: F. Vlk, 2003, xi, 791 s. ISBN 80-238-9681-4.  
[4] Vlk, F.: Dynamika motorových vozidel. 2. vyd. Brno: F. Vlk, 2003, 432 s. ISBN 80-239-0024-2.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Fusek, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015  
Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Ing. Radim Halama, Ph.D.  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: .....13.5.2016.....

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB–TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že VŠB-TUO, případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě od mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

13.5.2016



Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Daniel Vlček

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Valašské Klobouky

Smolina 83

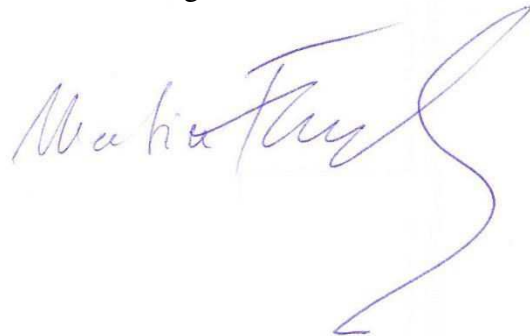
## **Prohlášení vedoucího diplomové práce o duševním vlastnictví výsledků diplomové práce**

Vzhledem k výlučnému duševnímu vlastnictví výsledků diplomové práce, opíraje se o článek 1 Zásad pro vypracování diplomové (bakalářské) práce, dokumentu FS\_SME\_05\_003, je komplexní vyřešení zadání práce zařazeno jako technická zpráva. Cituji z dokumentu FS\_SME\_05\_003, „... Tato technická zpráva bude k dispozici pouze oponentům a členům komise pro obhajobu, kteří tímto budou vázáni mlčenlivostí o jejím obsahu.“

**Z pozice vedoucího diplomové práce uznávám ve 100% rozsahu obsah technické zprávy jako úspěšné vyřešení diplomové práce.**

13. května 2016

Ing. Martin FUSEK, Ph.D.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Martin Fusek', with a long, sweeping flourish extending downwards and to the right.

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Vlček, D. *Analýza rámu vozidla SCX 3.5 generace: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra pevnosti a pružnosti, 2016, 81 s.  
Vedoucí práce: Fusek, M.

Tato diplomová práce se zabývá návrhem, optimalizací a analýzou rámu vozu SCX 3.5 generace. Návrh vychází ze současného vozu SCX 3 generace. Úpravy proběhnou v takovém měřítku, aby vyhovoval potřebám pro následnou generaci automobilu. Výpočtová analýza se bude skládat ze tří částí, jedná se o modální analýzu, torzní tuhost a pevnostní analýzu při jednotlivých jízdách režimech.

Cílem této práce je navrhnout a upravit rám tak aby obstál ve všech kritériích, které jednotlivé zkoušky nastavují, a zároveň vyhověl zástavbovému prostoru. Jednotlivé analýzy jsou vypočteny numericky a to metodou konečných prvků (MKP), za pomoci softwaru Patran / Nastran 2014.1.

## **ANNOTATION OF THESIS**

Vlček, D. *Analysis of vehicle frame of SCX 3.5 generation: Master thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanics of Materials, 2016, 81 p. Thesis head: Fusek, M.

This thesis deals with the design, optimization and analysis of the Generation SCX 3.5 car frame. The proposal builds on the current Generation SCX 3 car. The proposed adjustments are of such extent as to meet the needs of the next car generation. The computational analysis consists of three parts - modal analysis, torsional rigidity and strength analysis in various driving modes

The aim of this thesis is to design and customize the frame in such manner that it meets all the criteria set by the individual tests as well as the inner space. Individual analyses are calculated numerically using the finite elements method (FEM) and software Patran / Nastran 2014.1.

## OBSAH TECHNICKÉ ZPRÁVY

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ .....	10
SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ .....	12
1 Projekt StudentCar .....	15
1.1 Nová generace SCX .....	16
2 Legislativa pro stavbu motorových vozidel.....	17
2.1 Kategorie dopravních vozidel.....	17
2.2 Homologační předpisy pro motorová vozidla (EHK) .....	18
2.3 Směrnice Evropského společenství (ES).....	20
2.4 Sériovost motorových vozidel .....	20
3 Konstrukce a návrh rámu (karoserie) .....	21
3.1 Typy konstrukcí rámu.....	21
3.2 Návrh rámu .....	24
3.3 Uplatnění norem a znalostí homologačního ústavu.....	26
3.4 Konstrukční popis rámu SCX 3.5.....	28
3.4.1 Jednotlivý popis částí .....	29
4 Výpočtové analýzy .....	33
4.1 Modální analýza .....	33
4.2 Torzní tuhost.....	34
4.3 Jízdní režimy .....	36
4.3.1 Přímé brždění .....	37
4.3.2 Průjezd zatáčkou .....	42
4.4 Výpočtové modely.....	47
4.5 Materiál a polotovary .....	49
5 Výsledky .....	51
5.1 Beamový model.....	51

5.1.1	Modální analýza .....	51
5.1.2	Torzní tuhost .....	54
5.1.3	Jízdní režimy .....	55
5.1.4	Shrnutí výsledků beamového modelu .....	60
5.2	Shellový model .....	60
5.2.1	Modální analýza .....	60
5.2.2	Torzní tuhost .....	64
5.2.3	Jízdní režimy .....	64
5.2.4	Shrnutí výsledků shellového modelu .....	75
5.3	Porovnání a zhodnocení výsledků .....	75
6	Závěr a zhodnocení .....	78
	Seznam použité literatury .....	81



Na závěr bych chtěl poděkovat vedoucímu, své diplomové práce Ing. Martinu Fuskovi PhD. za věnovaný čas, odborné rady a pomoc při vypracování práce. Také bych chtěl poděkovat doc. Ing. Petru Tomčíkovi, Ph.D za možnost zapojit se do projektu StudentCar a za poskytnutí zázemí při práci na tomto projektu.

Daniel Vlček

## Seznam použité literatury

- [1] VLK, František. *Stavba motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 2003, 499 s. ISBN 80-238-8757-2.
- [2] VLK, František. *Koncepce motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 2000, 367 s. ISBN 80-238-5276-0.
- [3] VLK, František. *Lexikon moderní automobilové techniky*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 2005, 344 s. ISBN 80-239-5416-4.
- [4] VLK, František. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. Brno: VUT Brno, 2001, 444 s. ISBN 80-238-6573-0.
- [5] LENERT, Jiří. *Úvod do metody konečných prvků*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1990, 110 s. ISBN 80-7078-686-8.
- [6] FUSEK, Martin, HALAMA, Radim. *Metoda konečných prvků a metoda hraničních prvků*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2011, 95 s.
- [7] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 2. dopl. vyd. Praha: ALBRA, 2005, 907 s. ISBN 80-7361-011-6.
- [8] ČSN 28 0001. *Kolejová vozidla železniční: Základní termíny a definice*. Praha: Český normalizační institut, 1996.
- [9] ČSN EN 12663-1. *Železniční aplikace: Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [10] ČSN EN 12663-2. *Železniční aplikace: Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [11] 2007/46/ES. *Směrnice evropského parlamentu a rady*. Evropský parlament a rada Evropské Unie, 2007.
- [12] 341/2002 Sb. *Vyhláška ministerstva dopravy a spojů: o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích*. Praha: Ministerstvo dopravy a spojů, 2011.
- [13] StudentCar. *StudentCar* [online]. [cit. 2016-01-20]. Dostupné z: <http://www.studentcar.cz>

[14] MSC Patran. *HELP* [online]. 2014 [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: [http://www.mscsoftware.com/training\\_videos/patran/Reverb\\_help](http://www.mscsoftware.com/training_videos/patran/Reverb_help)

[15] Pneurama. *Pneurama* [online]. 2014 [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: [http://www.pneurama.com/en/rivista\\_articolo.php/Tires?ID=10938](http://www.pneurama.com/en/rivista_articolo.php/Tires?ID=10938)