

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra aplikované mechaniky

**Modelování připojení železničního dvousedadla na  
rám vagonu z hlediska odolnosti při rázovém testu**

*Modelling Two-seat Connection to the Frame Rail Wagon  
in Terms of Resistance at Impact Test*

Student:

Bc. Rostislav ČECH

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Petr HORYL, CSc., dr.h.c.

Ostrava 2015

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Rostislav Čech**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 3901T003 Aplikovaná mechanika

Téma: **Modelování připojení železničního dvousedadla na rám vagonu z hlediska odolnosti při rázovém testu**  
**Modelling Two-seat Connection to the Frame Rail Wagon in Terms of Resistance at Impact Test**

Zásady pro vypracování:

- 1) Výběr programového prostředí pro řešení explicitní úlohy dynamiky
- 2) Počítačové simulace experimentální zkoušky pevnosti bodových svarů, ověření materiálového modelu
- 3) Vytvoření počítačového modelu připojovací nohy dvousedadla podle dodané výkresové dokumentace
- 4) Parametrická studie rázové zkoušky pro různé varianty připojení nohy na pevný rám
- 5) Návrh nejvhodnějšího provedení připojení
- 6) Zhodnocení a závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

- 1) ANSYS Mechanical User's Guide, © 2013 SAS IP, Inc., Release 15.0, pp. 1858
- 2) Explicit\_for\_Mechanical\_Users\_15.0\_v1
- 3) Tutorials for ANSYS Workbench <http://www.ansys.com/tutorials>

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

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Petr Horyl, CSc., dr.h.c.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



doc. Ing. Jiří Podešva, 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 18. 5. 2015

.....

podpis studenta

### **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu své diplomové práce, kterým je prof. Ing. Petr HORYL, CSc., dr.h.c. za jeho podporu při řešení problémů, se kterými jsem se během řešení této práce setkal. Dále bych tímto rád poděkoval Ing. Pavlu Maršálkovi, který mi ochotně předal své zkušenosti s řešením rázových dějů prostřednictvím konečno-prvkových programů.



**Prohlašuji, že:**

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

V Ostravě 18. 5. 2015

.....

podpis studenta

Bc. Rostislav Čech

Štefánikova 737

739 61, Třinec

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

ČECH, R. *Modelování připojení železničního dvousedadla na rám vagonu z hlediska odolnosti při rázovém testu – diplomová práce*. OSTRAVA: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechaniky, 74 s. Vedoucí práce: HORYL, P.

Cílem této práce je provést pevnostní výpočet připojení železničního dvousedadla na rám vagonu z hlediska odolnosti při rázovém testu a to pro dvě různé varianty připojení a tyto porovnat. Dále porovnat tyto výpočty s experimentální zkouškou na padostroji. Dalším cílem práce je navrhnout třetí, pokud možno lepší, variantu připojení a tuto ověřit pomocí počítačového modelování. Součástí práce je i simulace zkoušky bodového svaru používaného pro některá spojení používané firmou BORCAD cz s.r.o. při konstrukci jejich sedadel a její srovnání s experimentálními daty. Úloha je řešena explicitní metodou implementovanou ve zvoleném komerčním konečno-prvkovém programu.

## **ANNOTATION OF THESIS**

ČECH, R. *Modelling Two-seat Connection to the Frame Rail Wagon in Terms of Resistance at Impact Test – diploma thesis*. OSTRAVA: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanics, 74 p. Thesis head: HORYL, P.

Objective of this thesis is to perform strength calculation of two-seat connection to the frame rail wagon in terms of resistance at impact test for two different design options and to compare them. Results are to be correlated with experimental testing on impact device. Next part is to suggest third, if possible better, design option of two-seat connection and prove it by strength calculation. As part of this thesis simulation of strength test of spot weld used for some structural connections used by company BORCAD cz s.r.o. for construction of their seats is performed and compared to experimental data. Task is solved using explicit method implemented in chosen commercial finite-element software.

**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 pana Bc. Rostislava Čecha.

18. května 2015

prof. Ing. Petr Horyl, CSc., dr.h.c.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### Literatura:

1. **Wu, Shen R. a Gu, Lei.** *Introduction to the EXPLICIT FINITE ELEMENT METHOD FOR NONLINEAR TRANSIENT DYNAMICS.* New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2012. 9780470572375.
2. **Horyl, Petr.** *Podpůrné materiály pro předmět MKP II.*
3. **Fusek, Martin a Halama, Radim.** *MKP a MHP.* 2011.
4. **Crisfield, Mike A. a kol.** *Non-linear Finite element Analysis of Solids and Structures.* Chichester : John Wiley & Sons, Inc., 2012. 9780470666449.
5. **Masopust, Jaromír.** *Rázová pevnostní zkouška svařence nohy - zkušební protokol.* BORCAD cz s.r.o. 2014.
6. **Sun, Eric Qiuli.** *Shear Locking and Hourglassing in MSC Nastran, Abaqus, and ANSYS.* MSC Software. 2006.
7. **Šeda, Pavel.** *MKP pro rychlé simulace obrábění - bakalářská práce.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 39s.
8. **Fojtík, F.; Karásek, T.; Maršálek, P.** *Zkušební vzorek pro zjištění kritické smykové síly bodových svarů koutových.* Funkční vzorek. 2014.
9. **Maršálek, P.; Karásek, T.; Fojtík, F.** *Zkušební vzorek pro zjištění kritické tahové síly bodových svarů koutových.* Funkční vzorek. 2014.
10. **Karásek, T.; Maršálek, P.; Fojtík, F.** *Přípravek pro uchycení zkušebních vzorků pro zjištění kritické tahové síly bodových svarů koutových na zkušební zařízení.* Funkční vzorek. 2014.
11. **Čech, Rostislav.** *Technická zpráva.* 67 s.

**Elektronické zdroje:**

12. **ANSYS.** ANSYS Explicit STR. *ANSYS - Simulation Drive Product Development*

[Online]. [Citace: 22. 1. 2015]. Dostupné z WWW:

<http://www.ansys.com/Products/Simulation+Technology/Structural+Analysis/Explicit+Dynamics/ANSYS+Explicit+STR>

13. **ANSYS.** ANSYS Autodyn. *ANSYS - Simulation Driven Product Development*

[Online]. [Citace: 22. 1. 2015]. Dostupné z WWW:

<http://www.ansys.com/Products/Simulation+Technology/Structural+Analysis/Explicit+Dynamics/ANSYS+Autodyn>

14. **SSAB.** DOCOL - Docol 1200 M. *SSAB - Products & Services* [Online].

[Citace: 21. 1. 2015].

Dostupné z WWW: <http://www.ssab.com/en/Brands/Docol1/Products/Docol-1200-M/>

15. **DESSAULT SYSTEMES.** Abaqus/Explicit. *Dessault Systèmes* [Online].

[Citace: 21. 1. 2015]. Dostupné z WWW:

<http://www.3ds.com/products-services/simulia/products/abaqus/abaqusexplicit/>

16. **LSTC.** LS-Dyna. *Livermore Software Technology Corporation* [Online].

[Citace: 21. 1. 2015]. Dostupné z WWW: <http://www.lstc.com/products/ls-dyna>

17. **Neubauer, Ingo.** Using MSC.Nastran for Explicit FEM Simulations. *DYNAMORE*

[Online]. [Citace: 21. 1. 2015].

Dostupné z WWW: <https://www.dynamore.de/de/download/papers/forum04/using-msc.nastran-for-explicit-fem-simulations>

18. **Yaw, Louie L.** Nonlinear Static - Explicit and Implicit Analysis Example. WWU.

[Online]. [Citace: 21. 1. 2015].

Dostupné z WWW: [http://people.wallawalla.edu/~louie.yaw/nonlinear/ExIm\\_analysis.pdf](http://people.wallawalla.edu/~louie.yaw/nonlinear/ExIm_analysis.pdf)

19. **Maršálek, P.; Horyl, P.; Karásek, T.; Ferfecki, P.** Výsledky měření bodových svarů koutových DOCOL1200M, tloušťka plechu 1 mm. 4 s. Projekt TA04031236.

[Citace: 28. 4. 2015].