

УДК 629.118

ББК 39.0

V82

М. Влковскы

Брно, Чешская Республика

Г. Влахова

Брно, Чешская Республика

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАННОСТИ ГРУЗА В ВОЕННЫХ ГРУЗОВИКАХ – ТРАНСПОРТНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

В статье представлены результаты эксперимента, проведенного на военных грузовиках, и его интерпретация.

С помощью эксперимента определяли размеры сил инерции на выбранном участке дороги (дороги II-го или I-го класса) в Чешской Республике, с точки зрения обеспечения сохранности груза во время транспортировки.

В статье также говорится о важности знания сил инерции для выбора застёжки и способа крепления, о преимуществах и недостатках использования коэффициентов ускорения, находящихся в технических нормах.

Ключевые слова: транспортный эксперимент, обеспечение сохранности груза, силы инерции, коэффициенты ускорения.

M. Vlkovský

Brno, the Czech Republic

H. Vlachová

Brno, the Czech Republic

CARGO SECURING ON THE MILITARY TRUCKS – TRANSPORTATION EXPERIMENT

The paper deals with results of the performed transportation experiment and their interpretation. The aim of the transportation experiment is to find out the size of inertial forces in section of ordinary road (I. and II. class roads) in the Czech Republic with regard to cargo securing during transportation. The paper further deals with importance of knowing inertial forces for selection of fastener and way of fixation and also advantages, resp. disadvantages of using normatively set acceleration coefficients.

Key words: transportation experiment; cargo security; inertial forces; acceleration coefficients

UPEVNĚVÁNÍ NÁKLADU NA VOJENSKÝCH NÁKLADNÍCH VOZIDLECH – PŘEPRAVNÍ EXPERIMENT

Článek předkládá výsledky provedeného přepravního experimentu a jejich interpretaci. Předmětem přepravního experimentu je zjištění velikostí setrvačných sil na vybraném úseku běžné komunikace (silnice II., resp. I. třídy) v České republice s ohledem na upevnění nákladu při přepravě. Článek dále rozebírá význam znalosti setrvačných sil pro volbu upevňovacího prostředku a způsobu upevnění a výhody, resp. nevýhody využití normativně stanovených hodnot koeficientů zrychlení.

Klíčová slova: přepravní experiment; zajištění nákladu; setrvačné síly; koeficienty zrychlení.

UPEVNĚOVÁNÍ NÁKLADU NA VOJENSKÝCH NÁKLADNÍCH VOZIDLECH – PŘEPRAVNÍ EXPERIMENT

V Armádě České republiky (AČR) převažují dopravní aktivity nad ostatními logistickými aktivitami. V rámci Severoatlantické aliance (NATO) je doprava dokonce samostatnou oblastí, což zdůrazňuje celkový význam dopravy obecně v ozbrojených silách.

Před zahájením přepravy nákladu vojenskými silničními dopravními prostředky je, stejně jako u ostatních druhů dopravy, třeba zajistit náklad proti pohybu (působení setrvačných sil při přepravě). Jejich velikost není před zahájením vlastní přepravy známa a je třeba vycházet z empiricky zjištěných hodnot, které jsou statisticky zpracovány v příslušných normách. V evropských podmínkách se k tomuto účelu využívá normy ČSN EN 12195-1:2011. Nedostatkem takových hodnot je nezohledňování krátkodobých rázů, které přesahují normativně stanovené hodnoty a mohou způsobit poškození nebo dokonce zničení upevňovacího prostředku. Důsledkem tak může být poškození nákladu, dopravního nebo přepravního prostředku apod.

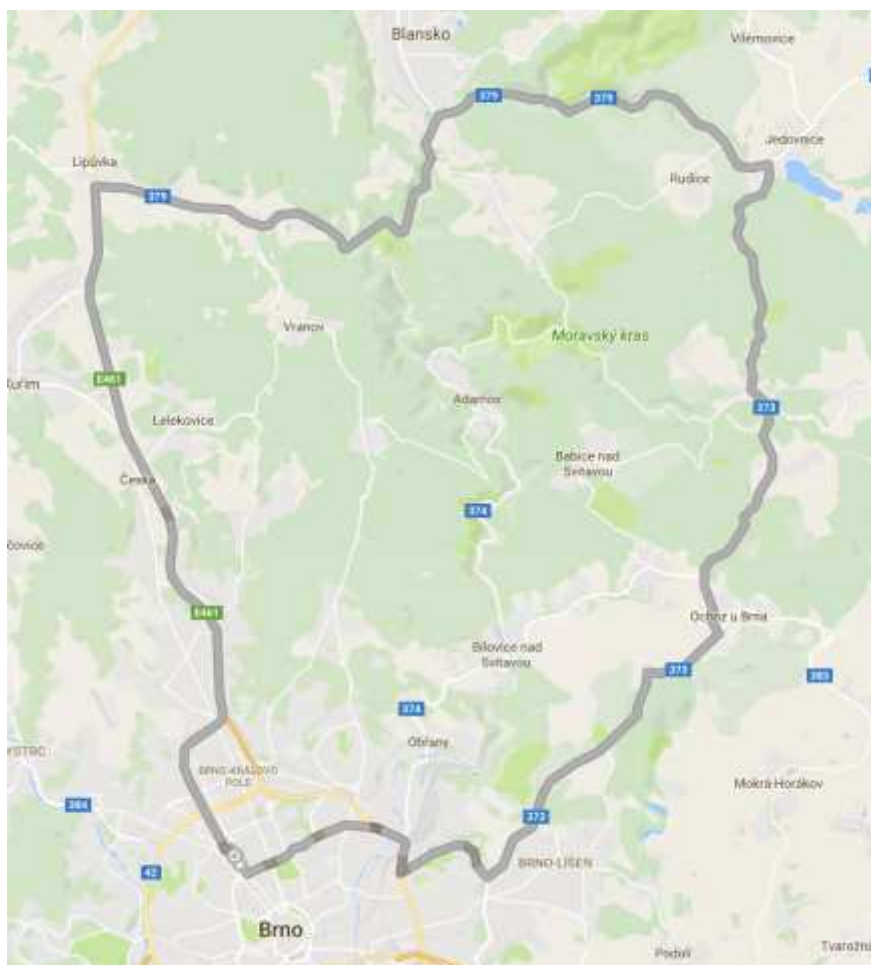
Uvedený nedostatek lze demonstrovat především v terénu, kdy jsou hodnoty koeficientů zrychlení zpravidla výrazně vyšší, než na běžných komunikacích. Předmětem článku je využití přepravního experimentu v běžných podmínkách na silnicích I. a II. třídy.

Přepravní experiment byl zrealizován dne 29. 8. 2016 v běžném provozu na okruhu Brno – Ochoz u Brna – Březina – Křtiny – Jedovnice – Blansko – Šebrov – Lipůvka – Brno (viz obrázek 1). Přepravní experiment proběhl v rámci periodické přípravy řidičů v čase 7:37:10 – 9:02:14 na běžných silničních komunikacích. Pro přepravní experiment byl využit střední nákladní terénní automobil T-810 6×6 [Kolmaš et al., 2007, p. 38] bez nákladu s necelými 50 tisíci najetými kilometry a celou trasu projel jeden profesionální řidič. V den experimentu byly ideální podmínky, vozovka byla suchá, viditelnost výborná a během experimentu nebyla zaznamenána žádná dešťová srážka.

K měření bylo využito čtyř akcelerometrů umístěných v přední části nákladového prostoru vozidla Tatra T-810. Jednalo se o akcelerometry s dataloggerem OM-CP-ULTRASHOCK-5, které zaznamenávaly akceleraci (rázy) v násobcích g ve všech třech osách.

Záznam probíhal s frekvencí 512 Hz a akcelerometry uložily do paměti každou sekundu vždy nejvyšší, resp. nejnižší zaznamenanou hodnotu v dané ose [Omega, 2016]. Pro statistické zpracování bylo využito průměrných hodnot akcelerometrů pro jednotlivé osy. Mezi hodnotami zůstaly zahrnuty i krátké prostoje (stání) na křižovatkách (viz několik úseků v první čtvrtině grafu na obrázku 2), kdy jsou hodnoty koeficientů zrychlení způsobeny pouze běžícím motorem nákladního automobilu.

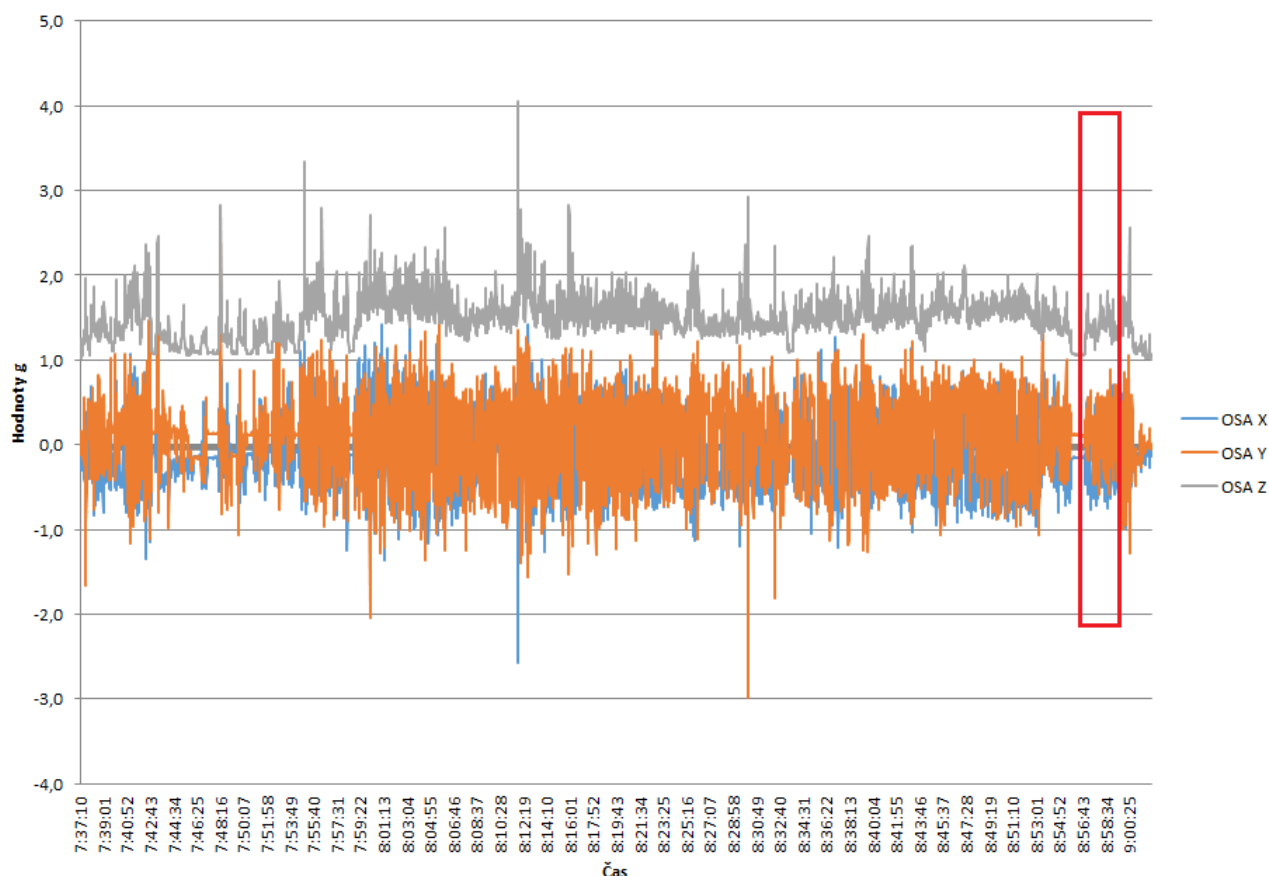
Předmětem přepravního experimentu bylo na naměřeném vzorku dat poukázat na nedostatky normativně stanovených hodnot koeficientů zrychlení (c_x , c_y a c_z) v příslušné normě (viz výše).



Obr. 1: Trasa přepravního experimentu (Google Maps)

Z grafu na obrázku 2 je zřejmé, že během přepravního experimentu došlo ve všech třech osách k překročení normativně stanovených hodnot koeficientů zrychlení [Vlkovský, M. et al., 2016], s výjimkou osy z, v kladném i záporném směru.

Hodnoty koeficientů zrychlení jsou překvapivě vysoké, přestože přepravní experiment byl proveden na běžných silničních komunikacích.



Obr. 2: Průměrné hodnoty koeficientů zrychlení v jednotlivých osách

Norma ČSN EN 12195-1 uvádí následující koeficienty zrychlení, které se využívají pro určení předpokládaných velikostí setrvačných sil při přepravě:

- $c_x = 0,8/0,5$ (pro pohyb v před/vzad);
- $c_y = 0,5/0,6$ (posunutí/naklápění);
- $c_z = 1,0$ (pro pohyb svisle dolů) [EN 12195-1:2011].

Souhrnně lze pro potřeby statistického vyhodnocení použít vektor, který představuje bazální variantu pro jednotlivé osy: $c = (0,8; 0,6; 1,0)$ pro účely silniční přepravy. Bazální varianta je velmi dobře využitelná i pro účely kombinované

dopravy, kde by byly využity nejvyšší hodnoty koeficientů zrychlení v jednotlivých osách pro jednotlivé použité druhy dopravy.

Celkově bylo získáno 5 105 hodnot za každou osu, tzn. celkem 15 315 hodnot, jedná se již o zprůměrovaná data ze čtyř měřících zařízení. Hodnoty získané z jednotlivých akcelerometrů mohou vykazovat určité rozdíly. Odlišné hodnoty jsou způsobeny jednak přesností, kdy se jedná o rozdíly v řádech setin g, popř. umístěním akcelerometru. Všechna čtyři zařízení byla umístěna vedle sebe, ve směru jízdy vozidla.

Z naměřených hodnot celých **10,83 % překračuje normativně stanovené hodnoty**, což představuje celkem 1 659 hodnot, přičemž jsou zahrnuty hodnoty v absolutních hodnotách (tzn. v obou směrech v dané ose). U malého procenta hodnot došlo dokonce ke **dvojnásobnému překročení normativně stanovených hodnot**, jedná se o 54 hodnot, které představují 0,35 % z celku. Přičemž celých 50 hodnot z uvedených (tzn. 92,6 %) bylo naměřeno v ose y. Důvodem nejsou však pouze velké rázy, ale především relativně nízká normativně stanovená hodnota koeficientu zrychlení pro osu y. Některé empirické studie a normy uvádí i vyšší přípustné hodnoty.

Velikost setrvačných sil u extrémních rázů lze demonstrovat na jednoduchém modelovém příkladu. **Největším naměřeným rázem byla hodnota 4,0575 g** v ose z, která bude využita pro výpočet velikosti setrvačné síly v ose z pro modelový náklad o hmotnosti jedné tuny:

$$F_z = m \cdot c_z \cdot g \quad [\text{N}]$$

kde F_z je velikost setrvačné síly v ose z, m je hmotnost nákladu (1 000 kg), c_z je koeficient zrychlení v ose z a g je tíhové zrychlení, které odpovídá v zeměpisné šířce České republiky: $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$. Výsledná velikost setrvačné síly je, po dosazení nejvyšší naměřené hodnoty, následující:

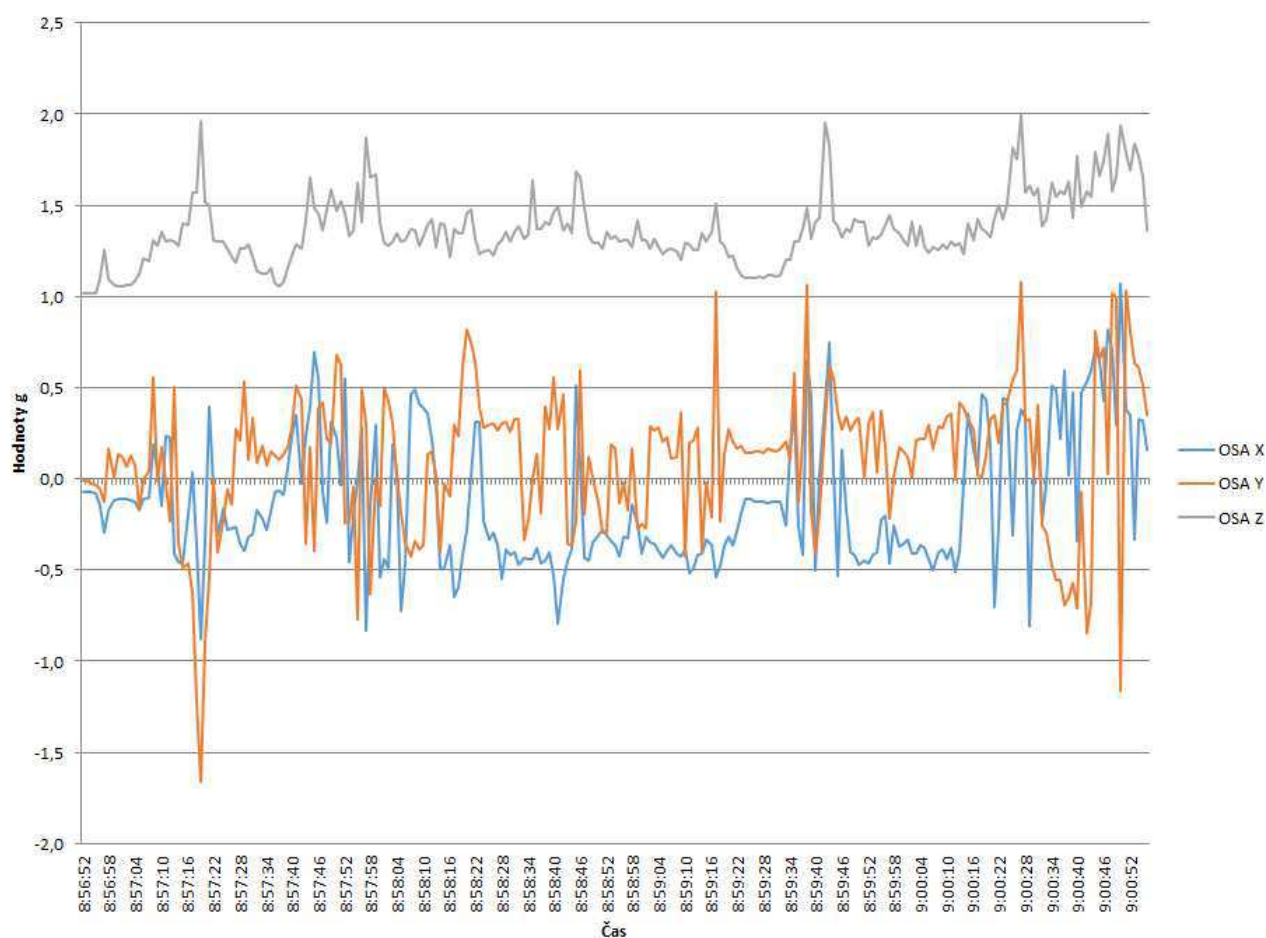
$$F_z = 1\,000 \cdot 4,0575 \cdot 9,81 \quad [\text{N}]$$

$$F_z = 39\,804 \text{ N}$$

Z výpočtu lze učinit jednoduchý závěr, že velikost setrvačné síly v ose z je více, než 4krát větší, než jakou lze vypočítat s využitím normativně stanovené hodnoty c_z .

Pro konkrétní způsob upevnění navíc budou celý výpočet ovlivňovat další vstupní údaje: koeficienty zrychlení v dalších osách, úhly, které svírají přivazovací popruhy, dynamické koeficienty tření, apod. Uvedená skutečnost by vedla ještě ke zhoršení výsledného namáhání upevňovacího prostředku v porovnání s prostým výpočtem s využitím druhého Newtonova pohybového zákona.

Patrný je rozdíl i mezi silnicí I. a II. třídy. Krátký úsek mezi Lipůvkou a Brnem byl zrealizován po silnici I. třídy s mezinárodním statutem E461 (I/43) a je vyznačen na obrázku 2 červeným rámečkem. Přestože dat je za úsek přepravy po silnici I. třídy méně – 245×3 za každou osu (v čase 8:56:52 – 9:00:56) v porovnání s úsekem silnice I. třídy, kde je k dispozici $4\,860 \text{ dat} \times 3$ za každou osu, jsou data na první pohled zajímavá (viz obrázek 3). K dispozici je $245 \text{ dat} \times 3$ za každou osu, přičemž 21 hodnot (2,86 %) představují hodnoty, které překračují normativně stanovené hodnoty.



Obr. 3: Úsek přepravního experimentu realizovaný po silnici I. třídy

Pro statistické zhodnocení jsou využity následující charakteristiky náhodné veličiny, které jsou pro přehled uvedeny v tabulce 1. Hodnoty získané na úseku silnice I. třídy jsou porovnány s hodnotami celé trasy.

Tab. 1: Statistické charakteristiky celého souboru a silnice I. třídy

Úsek	Celá trasa (3×5.105 hodnot)			Úsek silnice I. třídy (3×245 hodnot)		
Osy	X	Y	Z	X	Y	Z
Arit. průměr	0,3855	0,4254	1,4849	0,3525	0,3384	1,3988
Modus	0,1475	0,0050	1,5350	0,3850	0,5575	1,4175
Medián	0,3775	0,4100	1,4775	0,3575	0,3100	1,3700
Rozptyl	0,0576	0,0767	0,0601	0,0400	0,0409	0,0303
Špičatost	1,6092	2,8251	4,6380	0,2932	2,3141	7,0375
Šikmost	0,6676	0,8975	0,9966	0,2955	1,0222	1,4879

Z tabulky 1 je zřejmý nesignifikantní rozdíl u většiny statistických charakteristik, s výjimkou **modu** a především **koeficientu špičatosti**. Modus není pro vlastní vyhodnocení příliš zajímavý, přestože rozdíl u osy y je signifikantní. Pro silnici I. třídy je modus více než stonásobný. Vzhledem k relativně nízkému počtu dat za úsek silnice I. třídy se však může jednat o náhodný vliv.

Z hlediska závěrů je zajímavější koeficient špičatosti, který reprezentuje výskyt velmi nízkých a velmi vysokých hodnot (extrémů). Pro celý soubor je koeficient špičatosti kladný a především pro osu z dosahuje vyšší hodnoty: $\gamma_{1z} = 4,6380$. Pro úsek silnice I. třídy je koeficient špičatosti v ose z ještě vyšší – o 52 % v porovnání s celým souborem: $\gamma_{2z} = 7,0375$. Koeficient šikmosti je blízko nule, rozdělení téměř odpovídá normovanému normálnímu rozdělení.

Přínosem měření koeficientů zrychlení a jejich statistického vyhodnocení je modifikace normativně stanovených hodnot a následně přizpůsobení upevnění nákladu na nákladních vozidlech působení větších setrvačných sil. V úvahu je třeba vzít nejen běžné podmínky, kdy se ukazuje, že více, než desetina hodnot, neodpovídá normě, ale především terénní podmínky, kde je předpoklad působení ještě větších setrvačných sil. V souladu s European Commission – Mobility & Transport (Road

Safety) – hodnocením nedostatků při zajišťování nákladu se řadí nevhodný způsob upevnění nebo nevhodně zvolený fixační prostředek mezi významné nebo nebezpečné nedostatky, v závislosti na konkrétním nedostatku [EC M&T, 2015, s. 92]. V extrémních případech může nevhodně zvolený způsob upevnění nákladu způsobit i poškození lidského zdraví, ať už řidiče nebo nakládací/vykládací skupiny [Sokolović et al., 2016]. Vzhledem k tomu, že se jedná o základní výzkum, závěry nemusí odpovídat plně předpokladům, ale předběžná měření ukazují naopak větší hodnoty koeficientů zrychlení, než se původně předpokládalo.

Odborný článek byl napsán s podporou projektu specifického výzkumu č. SV16-FVL-109-VLK dotovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

Literární zdroje

1. ČSN EN 12195-1. *Zajišťování břemen na silničních vozidlech – Bezpečnost – Část 1: Výpočet zajišťovacích sil*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.: 2011. 48 p.
2. Kolmaš, V. et al. *Katalog automobilní a pásové techniky používané v AČR*. MO ČR. 2007, Praha. 222 s. ISBN 978-80-7278-382-3.
3. Vlkovský, M. et al. *Přeprava v terénu a zajištění nákladu*. Crede Experto: transport, society, education, language, 2016, No. 2 (9). ISSN 2312-1327.
4. Sokolović, V.; Zajíček, V. *Optimization of the material reserves loading*. Economics and Management, 2016, no. 1/2016. ISSN 1802-3975.
5. European Commission. *Mobility & Transport – Road Safety*. [online]. 2015. [vid. 2016-09-12]. Available from WWW: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/vehicles/cargo_securing_loads/index_en.htm.
6. Omega. *Accelerometer – Data logger*. [online]. 2015. [vid. 2016-09-13]. Available from WWW: <http://www.omega.com/das/pdf/OM-CP-ULTRASHOCK.pdf>.