

**УДК 629.118**

**ББК 39.0**

**V82**

**М. Влковскы**

**Брно, Чешская Республика**

**Е. Похобрадска**

**Брно, Чешская Республика**

**П.Фолтин**

**Брно, Чешская Республика**

## **ТРАНСПОРТИРОВКА ПО МЕСТНОСТИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГРУЗА**

Публикация посвящена обеспечению груза в соответствии со специфическими условиями дорожного транспорта (и вне дорог) и с требованиями, содержащимися в технических нормах.

В статье обсуждается важность учёта инерционных сил для выбора фиксатора и способа закрепления.

На иллюстрированном примере сравниваются возможные отклонения реальных значений инерционных сил (коэффициентов ускорения) от предполагаемых, содержащихся в технических нормах.

**Ключевые слова:** транспортировка по местности, манипуляция с материалом, обеспечение груза, инерционных силы, коэффициенты ускорения

**Martin VLKOVSKÝ**

**Brno, the Czech Republic**

**Kateřina POCHOBRADSKÁ**

**Brno, the Czech Republic**

**Pavel FOLTIN**

**Brno, the Czech Republic**

## **OFF-ROAD TRANSPORT AND CARGO SECURITY**

The paper deals with cargo security in regards to specific (off-)road conditions and normative assumption. The importance to know real size of inertial forces for the securing cargo is discussed. On an illustrative example, based on relevant technical standards, the possible deviations of real size of the inertial force (acceleration coefficients) with presumed are compared.

**Key words:** off-road transport; material handling, cargo security; inertial forces; acceleration coefficients

**Martin VLKOVSKÝ**

**Brno, Česká republika**

**Kateřina POCHOBRADSKÁ**

**Brno, Česká republika**

**Pavel FOLTIN**

**Brno, Česká republika**

## **PŘEPRAVA V TERÉNU A ZAJIŠTĚNÍ NÁKLADU**

Článek se zabývá zajištěním nákladu v souvislosti se specifickými podmínkami při silniční přepravě (i mimo komunikace) a předpoklady uvedenými v technických normách. Rozebírá význam znalosti setrvačných sil pro volbu fixačního prostředku a způsobu upevnění. Na ilustrativním příkladu jsou porovnány možné odchylky skutečných hodnot setrvačných sil (koeficientů zrychlení) s předpokládanými, které vychází z příslušných norem.

**Klíčová slova:** terénní přeprava; manipulace s materiálem; zajištění nákladu; setrvačné síly; koeficienty zrychlení.

Doprava v posledních letech nabývá stále více na významu, především v souvislosti s globalizací. Základní činností v rámci dopravy je přeprava, která zajišťuje fyzické přemístění nákladu (popř. osob) z výchozího bodu do cílové destinace. Další významnou oblastí dopravy je manipulace s materiálem, kterou lze definovat rovněž jako fyzické přemístění materiálu, nicméně za účelem další činnosti (přepravy, skladování apod.).

Při přepravě i manipulaci s materiálem je mimo jiné důležité upevnění nákladu na přepravním prostředku (např. paletě, kontejneru), popř. dopravním prostředku (např. nákladním automobilu). U obou činností se předpokládá, že jsou známy podmínky přepravy, před jejím vlastním zahájením. U manipulace s materiálem (ucelenými manipulačními jednotkami) se při dodržení zásad správné manipulace žádné problémy nepředpokládají. V praxi se však mohou podmínky přepravy významně lišit od podmínek předpokládaných. Podobný závěr lze konstatovat u manipulace, u které jsou případné problémy zpravidla způsobeny výše zmíněným nedodržením správné manipulace (např. uvolnění nákladu způsobené pádem manipulační jednotky při neopatrné manipulaci).

Mezi významné faktory ovlivňující přepravu a manipulaci je působení setrvačných sil, které ovlivňují mimo jiné způsob upevnění, který je předmětem článku. Setrvačné síly, které budou na náklad působit během přepravy, nelze objektivně znát před vlastním zahájením přepravy. Z toho důvodu se využívá průměrných hodnot koeficientů zrychlení v daných osách, které vychází z příslušných norem [EN 12195-1, 2011, p. 13]. Průměrné hodnoty v normách představují statisticky zpracované závěry z provedených empirických studií (přeprav). Analogicky lze získat i koeficienty zrychlení pro další druhy dopravy.

Uvedené setrvačné síly lze vypočítat pomocí jednoduchých vztahů, které obsahují příslušný tabulkový (normou daný) koeficient zrychlení v dané ose:

- v podélném směru – ose  $x$ :  $F_x = m \cdot c_x \cdot g$ , [N]
- v příčném směru – ose  $y$ :  $F_y = m \cdot c_y \cdot g$ , [N]
- ve svislém směru – ose  $z$ :  $F_z = m \cdot c_z \cdot g$ , [N]

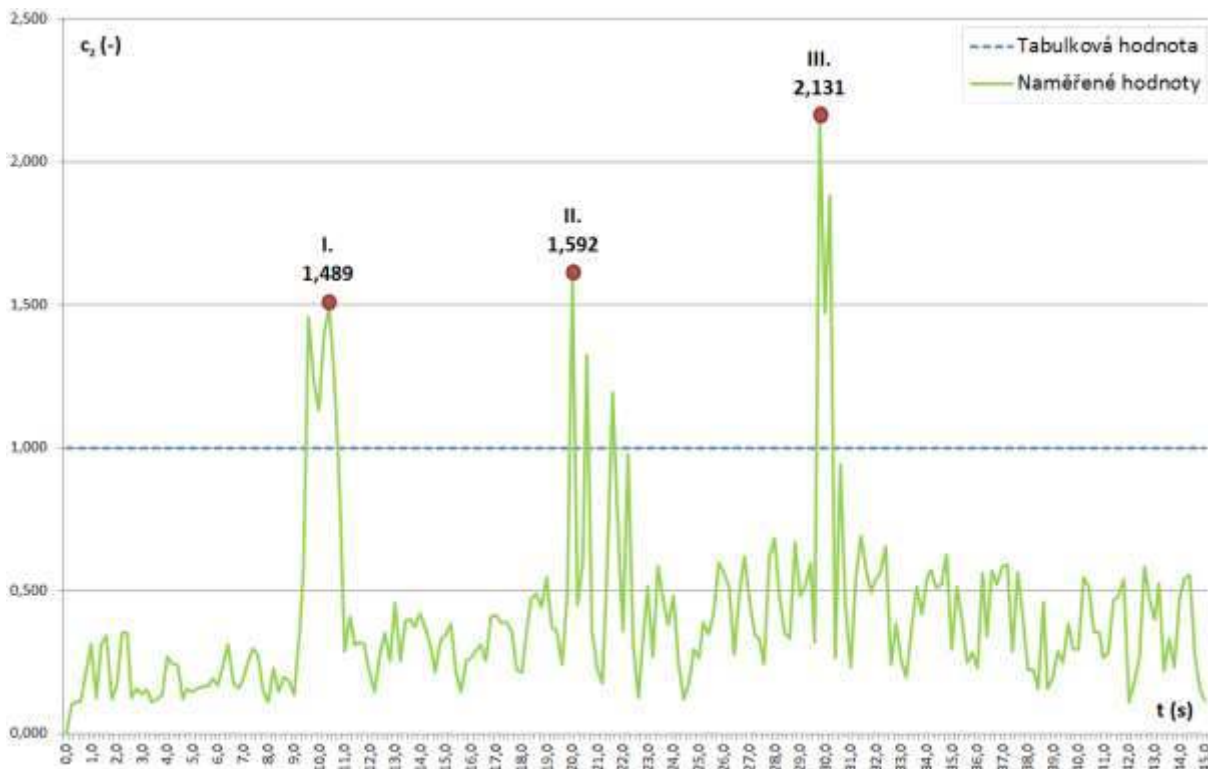
kde  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  jsou hledané velikosti setrvačných sil v jednotlivých osách v  $N$ ,  $m$  je hmotnost nákladu (konkrétní manipulační jednotky) v  $kg$ ,  $g$  je tíhové zrychlení v  $m \cdot s^{-2}$  a  $c_x$ ,  $c_y$ ,  $c_z$  jsou tabulkové hodnoty koeficientů zrychlení v jednotlivých osách, které jsou bezrozměrné.

Nedostatkem průměrných hodnot koeficientů zrychlení je neznalost lokálních extrémů funkce příslušné síly. Uvedený závěr lze ilustrovat na grafu na obrázku 1, který zobrazuje často opomíjenou setrvačnou sílu v ose  $z$  ( $F_z$ ), která je demonstrována koeficientem zrychlení ve svislém směru ( $c_z$ ).

Do ilustrativního grafu (obr. 1) jsou zaneseny hodnoty tabulkového koeficientu zrychlení v ose  $z$  ( $c_z$ ) a hodnoty zjištěné měřením (s využitím akcelerometru s dataloggerem) u vozidla T-815-2 Multilift Mk.IV bez terénní úpravy [Kolmaš et al., 2007, p. 102]. Graf obsahuje pro ilustraci jen 15 sekundové úseky, kdy došlo k zajímavým výkyvům ze tří důvodů (viz červené body označené římskými číslicemi I, II a III, včetně konkrétní hodnoty  $c_z$ ). Uvedeným třem 15 sekundovým úsekům odpovídá vodorovná osa, kde je zanesen čas v celkové délce 45 sekund. Sledované výkyvy způsobil přejezd tří překážek:

- železničního přejezdu,
- retardéru,
- výtluku na silnici.

Označeny jsou vždy pouze lokální maxima, přestože při překonávání dané překážky došlo vždy k několika výkyvům nad tabulkovou hodnotou koeficientu zrychlení ( $c_z$ ) zobrazenou modrou čárkovanou čarou.



Obr. 1: Porovnání průměrné tabulkové hodnoty koeficientu zrychlení ve svislém směru ( $c_z$ ) s hodnotami naměřenými v časovém úseku

Výkyvy výrazně nad tabulkovou hodnotu koeficientu zrychlení obecně, tzn. pro jakoukoliv osu, mohou způsobit problémy spojené s neadekvátním upevněním nákladu (viz dále). Především v terénních podmínkách mohou svislé setrvačné síly ( $F_z$ ) dosahovat mnohem vyšších hodnot, které tak neodpovídají běžnému provozu na pozemních komunikacích. Příčinou mohou být ale i specifické překážky na běžných pozemních komunikacích, jako jsou železniční přejezdy, retardéry apod. Nezanedbatelným problémem jsou i náhodně se vyskytující nerovnosti vozovky, v některých případech výtluky, díry apod. Především u komunikací ve velmi špatném stavu je potenciální riziko velkého „rázu“ – velké hodnoty setrvačné síly největší. Takový „ráz“ – hodnota setrvačné síly nepůsobí negativně pouze na vozidlo, řidiče apod., ale z pohledu logistiky a dopravy, na náklad a jeho upevnění, které se může v těchto extrémních situacích ukázat jako nedostatečné.

Uvedené setrvačné síly jsou v reálných podmínkách (v praxi) funkcí rychlosti, tzn. řidič by měl přizpůsobit jízdu podmínkám, což se však ne vždy děje. Hodnoty

setrvačných sil vycházející z tabulkových hodnot jsou přítom funkcí pouze hmotnosti nákladu.

Koeficienty setrvačných sil jsou konstantní pro danou osu a tíhové zrychlení lze zjednodušeně také považovat za konstantní, protože se pohybuje v závislosti především na geografické šířce v intervalu:

$$9,780 \leq g \leq 9,832 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2},$$

kde hodnota  $9,780 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  platí pro rovník na úrovni mořské hladiny a  $9,832 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  je pro zemský pól. Pro přepravu v rámci Evropské unie se zpravidla využívá zaokrouhlené hodnoty  $9,810 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

Podle Evropské komise až 25 % nehod nákladních automobilů v Evropě má souvislost se špatně upevněným nákladem. Jako příčiny lze identifikovat následující faktory:

- použití nesprávného fixačního prostředku – např. s nedostatečnou únosností, LC – Lashing Capacity [EN 12195-2, 2003, p. 10],
- nesprávný nebo nedostatečný způsob upevnění nákladu,
- působení větších, než předpokládaných setrvačných sil během přepravy,
- další faktory.

Jak bylo již uvedeno výše, příčin nesouladu mezi předpokládanou velikostí setrvačných sil v jednotlivých osách a skutečnou velikostí, může být více. Článek se zaměří pouze na problémy způsobené průměrnými hodnotami v souvislosti s vlivy terénu (komunikace).

Z matematického pohledu je základní příčinou problémů neznalost lokálních extrémů funkce (viz ilustrativní graf na obr. 1) a tedy jejich nezahrnutí do stanovení způsobu upevnění, včetně výběru vhodných fixačních prostředků (s dostatečnou únosností). Řešením by bylo použít bazální variantu, tzn. při volbě upevnění vycházet z nejhorších hodnot, které lze předpokládat na základě empirických studií (předchozích měření). V návaznosti na data v ilustrativním grafu by koeficientu zrychlení v ose  $z$  bazální varianty odpovídala hodnota:  $c_z = 2,13$ . Nedostatkem tohoto postupu je časté předimenzování upevnění nákladu v případech, kdy se uvedené extrémy vyskytují velmi zřídka. V ilustrativním příkladu by tomu odpovídal rozdíl

mezi naměřenou hodnotou koeficientu zrychlení v ose  $z$  ( $c_z$ ) bazální varianty a tabulkovou hodnotou, tzn. 1,13 (rozdíl je 113 %). To platí za předpokladu, že na komunikacích (na dané přepravní trase) nejsou uvedené překážky, popř. že se řidič dané překážce vyhne nebo striktně dodrží maximální rychlost při jejich překonávání, aby výsledné setrvačné síly nepřesáhly průměrné úrovně. Nedostatkem je určení maximální rychlosti, které se v praxi odvíjí pouze od způsobu jízdy, reakcí a intuice řidiče, nikoliv od např. experimentálně stanovených hodnot pro určité překážky.

Obecně lze konstatovat, že přesáhnout průměrné hodnoty koeficientů zrychlení (resp. setrvačných sil) je možné, pokud tomu odpovídá způsob upevnění. Zpravidla se náklad upevňuje s ohledem na tyto koeficienty, včetně určité rezervy, tzn. explicitně řečeno, nesmí být přesáhnuta tato rezerva [EN 12195-1, 2011, p. 13]. Z uvedeného vyplývá, že musí platit:

$$F_R \geq F_{x,y,z}, \text{ resp. } F_R \geq m \cdot c_{x,y,z} \cdot g \cdot k_r, \quad [N]$$

kde  $F_R$  je omezující síla přívazovacího zařízení,  $F_{x,y,z}$  jsou setrvačné síly pro jednotlivé osy,  $c_{x,y,z}$  jsou tabulkové koeficienty zrychlení pro danou osu a  $k_r$  je koeficient představující rezervu v upevnění, který zpravidla nabývá hodnot 1,1 – 1,5. Uvedený interval odpovídá 10 až 50% rezervě (naddimenzování) daného způsobu upevnění. Z grafu (obr. 1) je zřejmé, že i s koeficientem  $k_r = 1,5$  by hodnoty lokálních extrémů II a III byly větší, než na které je dimenzováno upevnění nákladu a mohlo by dojít k jeho uvolnění, popř. ke snížení životnosti použitých technických prostředků.

V souladu s [EC M&T, 2014, p. 92] 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. V extrémních případech může nevhodně zvolený způsob upevnění nákladu způsobit i poškození lidského zdraví, ať už řidiče nebo nakládací/vykládací skupiny.

Předpokladem dalšího výzkumu je porovnání jednotlivých koeficientů zrychlení v daných osách s naměřenými daty, které budou představovat statistický vzorek a bude možné závěry zobecnit. V návaznosti na měření specifických

momentů při přepravě na běžných silničních komunikacích bude mít rozhodující význam i měření hodnot pro specifická armádní vozidla, popř. pro vozidla integrovaného záchranného systému, která se pohybují nebo mohou pohybovat v terénních podmínkách, popř. v místech kde je silniční síť významně poškozena. Předpokladem je rovněž zhodnotit odchylky a nedostatky v návaznosti na působení setrvačných sil při přepravě i v ostatních druzích dopravy. V návaznosti na přepravu běžného nákladu budou následně zohledněna i specifika přepravy nebezpečných věcí, kde může mít chyba v upevnění nákladu fatální následky ve vztahu k životům a zdraví lidí, životnímu prostředí, popř. majetkovým hodnotám.

### **Literární zdroje**

1. EN 12195-1. *Load restraining on road vehicles – Safety – Part 1: Calculation of securing forces*. Czech Office for Standards, Metrology and Testing: 2011. 48 p.
2. EN 12195-2. *Load restraint assemblies on road vehicles – Safety – Part 2: Web lashing made form man-made fibres*. Czech Office for Standards, Metrology and Testing: 2003. 25 p.
3. MI-06-14-080-EN-N. *European Best Practices Guidelines on Cargo Securing for Road Transport*. European Commission: 2014. 96 p. ISBN: 978-92-79-43643-7.
4. Kolmaš, V. et al. *Katalog automobilní a pásové techniky používané v AČR*. MO ČR: 2007. Praha. 222 s. ISBN : 978-80-7278-382-3.
5. European Commission. *Mobility & Transport – Road Safety*. [online]. 2015. [vid. 2016-03-05]. Available from WWW: [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/topics/vehicles/cargo\\_securing\\_loads/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/vehicles/cargo_securing_loads/index_en.htm).