

MOŽNOSTI MODELOVÁNÍ A ŘEŠENÍ STŘETU PŘI OBJASŇOVÁNÍ FINGOVANÝCH DOPRAVNÍCH NEHOD

Zdeněk Mrázek¹

1. Řešení střetu u fingovaných dopravních nehod

Při reálné dopravní nehodě spočívá řešení střetu v nalezení takových parametrů, které jsou ve svém důsledku ve shodě se zdokumentovanými okolnostmi nehodového děje. V případě fingovaných nehod je úkol znalce opačný. Má dokázat, že neexistuje taková množina parametrů, které by v důsledku byly ve shodě se zdokumentovanými okolnostmi nehodového děje. Jaký zvolit přístup k takovému zadání? Jak vymežit zdokumentované okolnosti nehodového děje a jak s nimi dále pracovat?

1.1 Řešení fingovaného střetu v programu Impuls Expert

Dobrym nástrojem pro řešení takového úkolu je program Impuls Expert. Na rozdíl od analytických programů, např. PC Crash, umožňuje posuzovat střet intervalově a nenabízí striktně diskretní řešení.

Řešení střetu v programu Impuls Expert lze rozdělit do dvou kroků:

Definování podmínek střetu vozidel – na základě dostupných údajů lze definovat podmínky střetu vozidel:

- *energetickou podmínku* – dle rozsahu poškození vozidel můžeme popsat množství pohybové energie, která byla při střetu zmařena na deformace,
- *rázovou podmínku* – dle charakteru střetu (rozsah a způsob deformací, postřetový pohyb) lze vymežit množinu fyzikálních parametrů rázu a jejich technicky přijatelné rozmezí,
- *podmínky postřetového pohybu* – na základě dráhy postřetového pohybu vozidel můžeme stanovit rozmezí rychlostí a směrů postřetového pohybu vozidel.

Tyto podmínky jsou v rámci programu Impuls Expert zakresleny jako oblasti (množiny), které znázorňují všechny vektory impulsu rázových sil splňujících daný parametr.

¹ Ing. Zdeněk Mrázek, Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, e-mail: zdenek.mrazek@usi.vutbr.cz

Posouzení existence technicky přijatelné střetové konfigurace – změnou neznámých parametrů předstřetového pohybu je sledována existence společného průniku všech definovaných podmínek. Naším cílem není dosažení tohoto průniku jako v případě reálné nehody, ale znalec pouze pasivně sleduje „chování“ jednotlivých podmínek v závislosti na předstřetovém pohybu. Jestliže je pro některé předstřetové parametry zjištěna existence společného průniku definovaných oblastí, pak jejich hodnoty lze považovat za možné pro dané okolnosti nehodového děje, musí být dále konfrontovány s výpověďmi. Jestliže pro žádnou z kombinací předstřetových parametrů neexistuje společný průnik definovaných podmínek, pak zdokumentované okolnosti nehodového děje lze označit za technicky nepřijatelné, jednalo by se o fingoanou nehodu.

1.2 Definování podmínek střetu vozidel

1.2.1 Energetická podmínka

Dle fotodokumentace poškození můžeme provést odhad spotřebované deformační energie, kterou vyjadřujeme pomocí hmotnosti vozidel a EES. Jelikož dané veličiny přesně neznáme obdržíme rozmezí technicky přijatelných hodnot. V programu Impuls Expert je pak energetická podmínka znázorněna žlutou elipsou, případně mezielipsám.

1.2.2 Rázová podmínka

Pro definování rázové podmínky nejprve musíme posoudit zda posuzovaný střet představuje ráz bez skluzu nebo ráz se skluzem. V případě, že se jedná o ráz bez skluzu, pak nás zajímá a dosazujeme pouze rozmezí koeficientu restituice. Rázová podmínka je pak znázorněna dvěma bílými elipsami, které mají v bodě rázu společnou tečnu. V případě rázu se skluzem musíme definovat směr normály roviny rázu (pamatovat, že v PC Crash dosazujeme směr tečny!) a rozmezí tření v rovině rázu. Obdržíme tak bílou nepravidelnou oblast v níž leží impulsy odpovídající definovaným rozmezím parametru rázu.

1.2.3 Podmínka postřetového pohybu

Jestliže dovedeme přibližně stanovit z dokumentace nehody místo střetu a konečné polohy vozidel, pak dle charakteru postřetového pohybu a zanechaných stop můžeme odvodit dráhu a průměrné zpomalení postřetového pohybu, případně i směr pohybu těsně po střetu. Z těchto údajů jednoduše odvodíme rozmezí postřetových rychlostí a po zadání těchto veličin obdržíme oblasti, které známe z diagramu MDRHI.

1.3 Posouzení existence technicky přijatelné střetové konfigurace

Posouzení zda existuje společný průnik definovaných podmínek můžeme provést variací parametrů předstřetového pohybu. Pro snadnější řešení je dobré předurčit některé předstřetové parametry co nejpřesněji, nejlépe tak, aby jako neznámé zbyly pouze translační rychlosti. Pak úloha je pouze „dvourozměrná“ a snadněji se odvozují předpoklady pro závěrečná tvrzení.

2. Alternativní výpočtové modelování střetu a jeho aplikace u fingovaných nehod

Při řešení rázu používáme Kudlich Slibarův (Impulsně rázový) model, který modeluje silové působení při rázu těles impulsem rázových sil. Impuls působí na vozidla a mění jejich pohybové parametry v bodě rázu v okamžiku na konci kompresní fáze rázu. Je zcela přirozené, že jsou případy fingovaných nehod, kdy takový model nedává řešiteli příliš možností analyzovat daný střet. Například při rázech se skluzem probíhá kontakt na delší dráze a je nejednoznačné, kde zvolit substituční bod rázu. Pro tyto a podobné případy by znalec potřeboval model, který by dokázal pracovat s vývojem vozidel a jejich poloh během rázu. V analytických programech se v poslední době objevili modely, které umožňují řešení rázu v čase, avšak jsou přímo závislé na parametrech, jejichž hodnotu přesně neznáme a lze je označit za silně stochastické. Nabízí se tedy otázka zda je možné navrhnout takové modely, které by řešili ráz v čase aniž by zaváděly nové veličiny, které jsou zatíženy vyšší mírou neurčitosti.

2.1 Konstrukce alternativních modelů

Pro takové modely si zavedeme označení *alternativní modely*. Při jejich konstrukci v podstatě odstraníme prostorové a časové zjednodušení a to tím způsobem, že se vrátíme k původní veličině, rázové síle. Síla jako vektorová veličina je dána působišťem, směrem a velikostí, tudíž naším záměrem je popsat vývoj těchto parametrů v čase.

2.1.1 Působišťe

Pro stanovení okamžitého působišťe vycházíme z bodu prvotního kontaktu mezi vozidly. Tento bod zadáváme přímo. Jestliže působišťe rázové síly se pohybuje po úsečce do bodu rázu uvažovaného v impulsně rázovém modelu, pak poloha působišťe v *i-tém* kroku P_i je dána vztahem

$$P_i = PK + \overline{(BR - PK)} \cdot \frac{i}{n},$$

kde: PK - bod prvotního kontaktu

$BR-PK$ - polohový vektor bodu rázu vůči bodu prvotního kontaktu

n - dělení kompresní fáze

Působíště rázové síly je dáno pro celou fázi komprese, během restituce můžeme změnu polohy působíště rázové síly zanedbat.

Uvažujeme-li, že poloha působíště rázové síly je dána relativní rychlostí původního bodu prvotního kontaktu, pak platí

$$P_i = P_{i-1} + v_{P(i-1)} \cdot \Delta t_i,$$

kde: $v_{P(i-1)}$ - vektor rychlosti působíště

Δt_{i-1} - i - tý časový krok

2.1.2 Směr

Při stanovení směru rázové síly rozlišujeme, zda se jedná o ráz bez skluzu nebo se skluzem. V obou případech směr rázové síly odpovídá směru impulsu pro danou okamžitou polohu vozidel. V případě rázu bez skluzu obdržíme směr rázové síly ze vztahu pro impuls

$$f_{Ri} = v_{P(i-1)} \cdot M_{i-1}^{-1}$$

Při rázu se skluzem bude směr rázové síly dán okamžitým nastavením normály a tření v rovině rázu

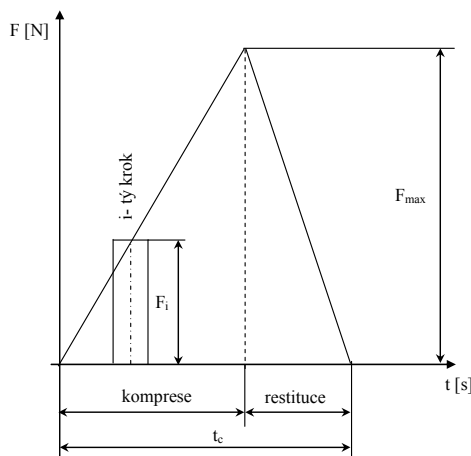
$$f_{Ri} = (\cos(\alpha_i + \varphi_i); \sin(\alpha_i + \varphi_i)),$$

kde: α - úhel normály roviny rázu,

φ - třecí úhel.

2.1.3 Velikost

Stanovení velikosti rázové síly vychází z předpokladu po částech lineárního průběhu rázové síly s maximem na konci komprese (obr. č. 1).



Obr. č. 1: Po částech lineární průběh rázové síly

Zvolíme si předpokládanou dobu trvání rázu t_c , kterou převezmeme z údajů získaných při crash testech. Současně stanovíme velikost impulsu I_c pomocí impulsně rázového modelu. Pro velikost maximální rázové síly platí

$$F_{\max} = \frac{2 \cdot I_c}{t_c}$$

velikost síly v i -tém kroku při kompresi (restituci) je dána

$$F_i = F_{\max} \cdot \frac{i}{n} \left(F_i = F_{\max} \cdot \frac{n_R - i}{n_R} \right)$$

Z působišť, směru a velikosti obdržíme výsledný vektor rázové síly \vec{F}_{Ri} , který dále uvažujeme jako vnější sílu působící na vozidlo v daném časovém kroku.

2.2 Alternativní modely

Kombinací jednotlivých postupů stanovení působišť, směru a velikosti rázové síly obdržíme dva výpočtové modely pro ráz bez skluzu a dva pro ráz se skluzem.

I. Alternativní model - přímá dráha působišť (AM-PDP) – působíště se pohybuje během střetu po úsečce vymezené bodem prvotního kontaktu a bodem rázu, změna polohy během časového kroku je závislá na dělení doby rázu.

II. Alternativní model - rychlostní změna působišť (AM-RZP) – změna polohy působišť je dána vektorem relativní rychlosti bodu rázu, tomuto vektoru odpovídá následný pohyb působišť.

2.3 Aplikace alternativních modelů při posuzování fingovaných nehod

V rámci porovnání alternativních modelů s impulsně rázovým modelem, byla zjištěna vyšší míra citlivosti na použití zjednodušujících předpokladů u kolmých střetů, excentrických nárazů zezadu a u rázů se skluzem. Tato citlivost se projevovala zejména v souvislosti s úhlovou rychlostí vozidel po střetu. Dané porovnání bylo provedeno na teoretické úrovni pro rovinné úlohy.

Na dosavadní poznatky musí navazovat výzkum, v rámci kterého budou provedeny crashtesty pro tečné rázy se skluzem. Jejich cílem bude ověření aplikovatelnosti alternativních modelů a přínosu pro znaleckou praxi. V důsledku by pak bylo možné popsat vlastní průběh kontaktu, takže znalec pomocí alternativního modelu by mohl například dokázat, na kterém místě by z hlediska vývoje samotného rázu mělo dojít k největším deformacím a nejmarkantnějším stopám otěru. Znalci by tak měli nástroj na posuzování deformací nejen z hlediska jejich polohy, ale i z hlediska průběhu a charakteru poškození. Vzrostla by možnost odhalení fingovaných nehod a v některých případech by bylo možné nejen odhalit „prohřešek“ pachatele proti fyzikálním zákonům, ale bylo by možné konkrétně se vyjádřit ke skutečnému způsobu vzniku daného poškození.