

Posudek na disertační práci k získání titulu "PhD" v oboru *Biomechanika*

Název práce: *Využití biomechaniky jako podpůrné argumentace pro závěry znaleckých posudků*

Autor práce: *Ing. Vratislav Veselý, MBA*

Fakulta Tělesné Výchovy a Sportu UK v Praze, katedra biomedicínského základu v kinantropii

Houstnouce silniční doprava a časté volnočasové aktivity a sport vedou k závažným zraněním. Jejich původ a zavinění nejsou vždy zcela jasná. V případě zavinění cizí osobou je nutná forenzní analýza podepřená odborným posudkem. Forenzní biomechanika je založena na fyzikálních principech doplněných zákony chemie, biologie a medicíny. Při této analýze jsou simulovány konkrétní sporné události. Nejčastějším případem nehod je střed chodce s autem, či aut mezi sebou, popř. auta s cyklistou.

Orientace v tomto ohromném množství specifických nehod je možná jen cestou tvorby vhodných a dostatečně přesných modelů, které alespoň přibližně tyto nehody charakterizují. Jedním z takových typických zranění je důsledek nárazu hlavy do skla jedoucího vozidla. Na tento problém se i soustředil autor předložené práce. Podrobnou analýzou tohoto konkrétního problému se pokusil redukovat velké množství nákladných experimentů. Uvědomíme-li si, že experimenty lze provádět buď na cadaverech a nebo na poměrně nákladných biomechanických modelech, ušetří dobrý biomechanický model spoustu času a peněz.

Podrobná teoretická analýza a experimentální ověření srážky chodce s autem je velmi aktuální a potřebné. Kvalifikovaný forenzní posudek může často dramaticky ovlivnit životy dotčených osob.

Hlavním cílem práce bylo:

1. zmapovat mechanické vlastnosti obličejových kostí a lebky, popsat poranění mozku a krční páteře
2. formulovat teoretický model nárazu hlavy do předního skla automobilu, tento model konfrontovat s experimentem
3. pomocí experimentů s impaktorem popsat defekty na čelním skle automobilu.

Hodnocení.

Z úvodních částí práce je zřejmé, že autor provedl důkladnou rešerši literatury pojednávající o mechanických vlastnostech kostí lebky cadaverů s cílem nalézt přibližnou závislost působící síly na průhybu (deformaci) odpovídající části lebky. Porovnáním příslušných experimentů se potvrdil známý fakt, že frontální část lebky je asi 2 krát tužší než část temporální. Při posuzování poranění mozku je třeba uvažovat vedle přímého impaktu i zpětný odraz z protilehlé strany lebky. Zde dochází k pulzním vlnám, které mají jednak mimořádně nebezpečnou smykovou složku, může však také docházet ke kavitaci, které mívá často fatální následky.

Velmi užitečná je rešerše poranění krční páteře, především míchy. Zde je opět experimentálně ukázán pozitivní vliv hlavových podpěrek a připoutání řidiče. Zmíněno je i poranění "Whiplash" -rychlá flexe-extenze. Bylo by zajímavé jaké procento fatálních úrazů (poškození míchy) je zaviněno tímto mechanismem i v případě připoutané osoby s podpěrkou.

Podrobně je analyzován náraz hlavy do předního skla auta při různých rychlostech. Použitím bilance hybnosti a bilance momentu hybnosti byla za zjednodušeného předpokladu (postava má vlastnosti tuhé tyče o rozměrech a hmotnosti průměrného člověka) vypočtena rychlost nárazu hlavy do předního skla. Ukázalo se že díky součtu rychlosti rotace a rychlosti

auta rychlost je rychlost nárazu větší, než jaká se obvykle uvažuje při běžné forenzní analýze. Tento fakt byl i dokumentován na konkrétním případě kolize cyklisty s autem. Dalším důležitým výsledkem uvedené analýzy je podstatný vliv slonu čelního skla. Výsledek lze shrnout do tvrzení, že rychlost nárazu hlavy do kolmého skla je větší než do skla šikmého.

Autorovy publikace jsou velmi skrovné, chybí publikace v impaktovaném časopise.

K práci mám následující dotazy:

Dotaz 1. Zajímá mě velikost poranění krční páteře při nárazu auta do chodce z boku. Předpokládejme, že auto jede rychlostí 50 km/hod, tj. 14 m/s. Střední úhlová rychlost je z bilance energií (7.22) rovna $\omega_z = 26 \text{ rad/s}$. Uvažujeme hodnoty rychlosti dopadající hlavy $v_H = 30 \text{ m/s}$; jde o maximální vypočtené hodnoty. Pro sklo s úhlem $\gamma = 30^\circ$ je celkové natočení hlavy

$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{3}$. Čas Δt za který dosáhne úhlové rychlosti $\omega_z = 26 \text{ rad/s}$ je roven

$\Delta t = \frac{\pi}{3 \cdot 27} \doteq 0.04 \text{ s}$. Zrychlení kterému je vystavena hlava je $a_H = \frac{v_H}{\Delta t} = 75 \text{ g}$. Tudíž, má-li hlava

hmotnost 5kg tak na krční páteř působí síla 375 N. Jsou někde zpracovány takové silové účinky na krční páteř? Je pozorováno poranění míchy i při tomto kontaktu? Jde o poranění typu Whiplash?

Dotaz 2. V jakých jednotkách je údaj pro příčnou deformaci v Tab. 8, pravděpodobně v cm ?

O jaké typy skel šlo v experimentech. Jsou to speciální automobilová skla?

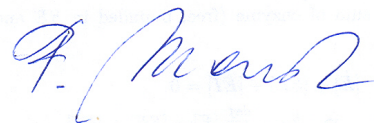
Připomínka. Práci by prospěl seznam použitých zkratk. V práci je několik nevýznamných drobných překlepů.

Závěr

Práce má dobrou odbornou i grafickou úroveň a tvoří kompaktní celek, počínaje formulací cílů, přes podrobnou rešerši a popis metod jak vytyčených cílů dosáhnout, až ke konkrétním výsledkům. Autor práce samostatně připravil a vyhodnotil účinky impaktoru na sklo. *Cenným výsledkem je, analýza nárazu hlavy do předního skla, která přináší některá upřesnění pro forenzní analýzy.*

Mohu konstatovat, že předložená práce splňuje ustanovení § 72, odst. 3 Zákona č. 111/1998 o vysokých školách a doporučuji proto aby byl **Ing. Vratislavovi Veselému MBA** po její úspěšné obhajobě, udělen titul PhD na Fakultě Tělesné výchovy a sportu UK v Praze.

Praze dne 12. března 2024



Prof. Ing. František Maršík, DrSc
Ústav termomechaniky AVČR