

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015

Petr Matějka

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Návrh celkové koncepce simulátoru překlápění

Petr Matějka

Bakalářská práce

2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Petr Matějka
Osobní číslo: D12364
Studijní program: B3709 Dopravní technologie a spoje
Studijní obor: Dopravní prostředky: Silniční vozidla
Název tématu: Návrh celkové koncepce simulátoru překlápění
Zadávací katedra: Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Bezpečná jízda v automobilu
Tuhost karoserie vozu
Ideový návrh simulátoru překlápění

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu a přílohy

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Svoboda, P.: Problematika experimentálního zjišťování inerciálních charakteristik silničních vozidel. disertační práce, Pardubice 2013

Vala, M., Tesař, M.: Teorie a konstrukce silničních vozidel I. Univerzita Pardubice, 2003

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Hanus

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **25. února 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **29. května 2015**



doc. Ing. Ivo Drahošský, Ph.D.
děkan

L.S.



doc. Ing. Michael Lata, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2015

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 25. 5. 2015

Petr Matějka

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat Ing. Petru Hanusovi za jeho ochotu, cenné připomínky a rady, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce, zejména pak při tvorbě výkresové dokumentace. V neposlední řadě chci touto cestou poděkovat celé své rodině a přátelům za podporu.

ANOTACE

Bakalářská práce s názvem Návrh celkové koncepce simulátoru překlápění se zabývá v první části statistikou dopravních nehod, podmínkami, kdy dojde k překlápění vozidla, a testy překlápění. V druhé části jsou popsány návrhy jednotlivých dílů pro stavbu simulátoru. Tato práce je koncipována jako podkladový materiál pro případnou realizaci projektu zhotovení simulátoru překlápění.

KLÍČOVÁ SLOVA

Testy překlápění, simulátor překlápění, dopravní nehody, crash testy, jízda zatáčkou

TITLE

Design of car flipping simulator

ANNOTATION

This bachelor thesis describes the design process of a car flipping simulator. The first part contains overview of traffic accidents and car roll over conditions as well as roll over crash test. In the second part a description and design of all parts of flipping simulator is made. The purpose of the thesis is to become a foundation material for potential construction of a car flipping simulator.

KEYWORDS

Rollover crash tests, car flipping simulator, traffic accidents, crash tests, cornering

OBSAH

Úvod	13
1 Problematika dopravních nehod a překlápění automobilů	14
1.1 Statistika dopravních nehod.....	14
1.2 Překlopení vozidla při jízdě zatáčkou	16
1.3 Testy překlopení – Rollover crash tests	18
1.3.1 Statické testy překlopení.....	19
1.3.1.1 Zkouška na sklopné plošině.....	19
1.3.1.2 Roof strength test	21
1.3.2 Dynamické testy překlopení	23
1.3.2.1 FMVSS 208 rollover test.....	23
1.3.2.2 Soil trip rollover test.....	24
1.3.2.3 Corkscrew rollover test	25
1.3.2.4 Embankment rollover test.....	25
1.3.2.5 Curb trip rollover test.....	26
1.3.2.6 Losí test	27
2 Návrh konstrukčního řešení simulátoru překlápění	29
2.1 Rám	29
2.1.1 Díly připevněné k rámu:.....	30
2.1.2 Podélníky - profily, materiál a rozměry	30
2.1.3 Příčky - profily, materiál a rozměry	31
2.2 Nápravy	32
2.2.1 Nápravy simulátoru.....	33
2.3 Kola	34
2.3.1 Hlava kola.....	34
2.3.2 Vlastní kolo.....	35
2.3.3 Pneumatiky	36

2.4	Přední a zadní čelo s výztuhami a vzpěrami.....	37
2.5	Ložiskový domek.....	38
2.6	Oj s upevňovacími držáky.....	39
2.7	Výztuhy předních a zadních vzpěr.....	40
2.8	Blatník s držáky.....	41
2.9	Podpěrné nohy.....	42
2.10	Schody.....	43
	Závěr.....	44
	Seznam použitých zdrojů.....	45
	Příloha.....	47

SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Graf 1 - Statistika dopravních nehod.....	15
Graf 2 - Statistika používání bezpečnostních pásů	16
Obrázek 1 - Jízda zatáčkou	17
Obrázek 2 – Schéma zkoušky na sklopné plošině	19
Obrázek 3 - Zkouška na sklopné plošině.....	20
Obrázek 4 - ECE R66.....	21
Obrázek 5 - Roof strength test	22
Obrázek 6 - Hodnocení testu pevnosti střechy	22
Obrázek 7 - Test pevnosti střechy se stejnou zatěžovací silou	23
Obrázek 8 - FMVSS 208 rollover test.....	24
Obrázek 9 - Soil trip rollover test.....	24
Obrázek 10 - Corkscrew test.....	25
Obrázek 11- Embankment rollover test.....	26
Obrázek 12 – Curb trip rollover test.....	26
Obrázek 13 - Losí crash test	27
Obrázek 14 - Losí test.....	28
Obrázek 15 - Zkušební dráha pro losí test.....	28
Obrázek 16 - Rám	30
Obrázek 17 – Podélný profil podélníků.....	31
Obrázek 18 - Příčný profil podélníků	31
Obrázek 19 - Podélný profil příček	32
Obrázek 20 - Příčný profil příček.....	32
Obrázek 21 - Tuhá brzděná náprava KNOTT GB 8	33
Obrázek 22 - Rozvor náprav	34
Obrázek 23 - Plechové diskové kolo KFZ 4,5Jx13 4x100 ET38	35
Obrázek 24 - Pneu BARUM BRILLANTIS 2 165/70 R13 79T	36
Obrázek 25 - Čelo s výztuhami a vzpěrami.....	37
Obrázek 26 - Ložiskový domek	38
Obrázek 27 - Oj s upevňovacími držáky	39
Obrázek 28 - Příčný profil ramena oje	40
Obrázek 29 - Upevňovací držák.....	40
Obrázek 30 - Výztuha přední a zadní vzpěry	41

Obrázek 31 - Blatník s držákem.....	41
Obrázek 32 - Podpěrná noha.....	42
Obrázek 33 - Schody.....	43

Úvod

Simulované havárie neboli crash testy slouží výzkumu a vyhodnocování jejich účinků na testovací figuríny pomáhá zachraňovat lidské životy. Provádějí se proto, aby bylo možné zjistit, jak přežít velké síly vyvolané prudkým nárazem. Při nárazu může na člověka působit přetížení až 100 G.¹ Pro srovnání při letu v akrobatickém letadle přetížení dosahuje maximálních hodnot kolem 12 G. Chování vozidel se intenzivně testuje při všemožných typech havárií a v mnoha případech díky neustávajícímu vývoji bezpečnostních prvků automobilů jsou schopny posádku ochránit. Nikoli vždy! To je potřeba mít na paměti a podle toho by řidiči měli přizpůsobit své chování v silničním provozu.

Málokdo si před usednutím do vozidla a samotnou jízdou uvědomuje, jaké mohou být následky těžkých dopravních nehod. Důvod je jednoduchý. Člověk se nejlépe učí z vlastních chyb. Jenže chybu, která zapříčiní vážnou dopravní nehodu, lze často udělat pouze jednou a nelze se z ní poučit. Proto je potřebné, aby si řidiči, budoucí řidiči i ostatní účastníci silničního provozu měli možnost vyzkoušet na vlastní kůži dopravní nehodu, avšak takovým způsobem, aby nedošlo k žádnému zranění, a zároveň tak, aby zážitek z této simulace dopravní nehody byl dostatečně silný a donutil účastníky provozu zamyslet se nad vlastním chováním při pohybu na pozemních komunikacích a nad velkou zodpovědností, kterou přebírá řidič při usednutí za volant.

K vyzkoušení si dopravní nehody a jejímu napodobení slouží zařízení, která se nazývají simulátory dopravních nehod. Tato bakalářská práce se zabývá návrhem celkové koncepce jednoho z několika druhů simulátorů dopravních nehod, konkrétně simulátorem překlápění automobilu. Pokud bude tento simulátor sestaven a využíván, mohl by každoročně zamezit alespoň několika dopravním nehodám nebo dokonce zachránit pár lidských životů.

¹ Crash Tests! [documentary film]. Executive Producer – Gary R. Benz, USA, 1997. V digitalizované podobě dostupný prostřednictvím YouTube z: <https://www.youtube.com/watch?v=PLBcRP83dcw>

1 Problematika dopravních nehod a překlápění automobilů

V této části bude popsán vývoj počtu dopravních nehod a jejich následků po roce 1989 na našem území, jelikož je potřebné zmínit znepokojivý stav zejména v počtu mrtvých a počtu těžce zraněných osob na našich pozemních komunikacích. Jedním ze způsobů jak dosáhnout snížení takto vysokých čísel je preventivně působit a snažit se vychovávat dopravní veřejnost k větší zodpovědnosti například pomocí simulátorů dopravních nehod.

V další části bude popsán mezní stav při jízdě vozidla zatáčkou, jelikož nadměrná rychlost při jízdě zatáčkou je jednou z možných příčin překlápění automobilu.

Na závěr této kapitoly budou rozděleny a popsány nejvíce rozšířené testy překlápění, kterými se zkouší buď odolnost automobilů vůči překlápění, nebo pasivní bezpečnost automobilů při překlápění, nebo obě dvě zmíněné varianty současně v jednom testu.

1.1 Statistika dopravních nehod

Každoročně se na českých silnicích odehrají desítky tisíc dopravních nehod. Příčin vzniku dopravních nehod je celá řada. Mezi nejčastější z nich patří nevěnování se plně řízení vozidla, nedodržení bezpečné vzdálenosti, nepřizpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky atd.

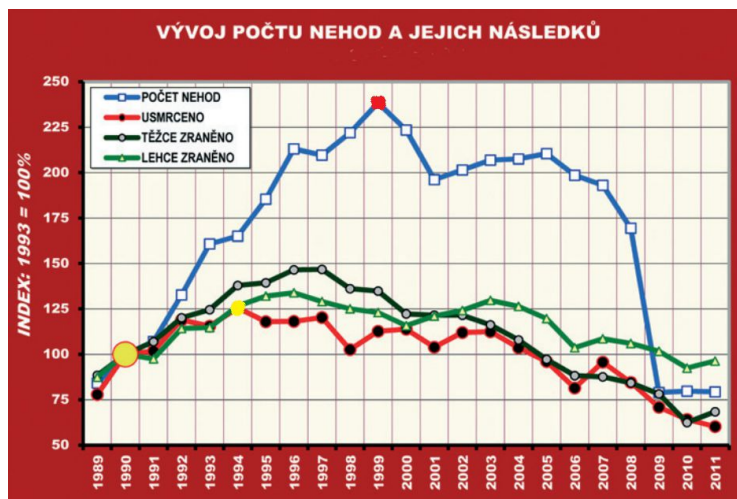
Ze statistických ročenek Policie České republiky je patrné, že od roku 1989 počet nehod začal raketově narůstat v porovnání s lety předchozími. Podíl na tom mělo jistě snížení policejního dohledu, narůstající hustota provozu, zvýšení nekázně řidičů a mnoho další příčin souvisejících se změnou politicko-ekonomické situace v zemi. Spolu s počtem nehod vzrůstal i počet zraněných a usmrcených osob. Zatímco počet dopravních nehod rostl až do roku 1999, kdy dosáhl své maximální hodnoty 225 690, počet usmrcených osob rostl „pouze“ do roku 1994 (1 473 obětí dopravních nehod).² Po roce 1994 sice začalo ubývat počtu usmrcených osob na pozemních komunikacích, ale začalo přibývat počtu těžce a lehce zraněných osob při dopravních nehodách (graf 1). Tento jev bychom alespoň z části mohli přisoudit zlepšující se pasivní bezpečnosti osobních automobilů, obměně vozového parku v České republice a častějšímu používání bezpečnostních pásů.

Zajímavé jsou poklesy počtu dopravních nehod v roce 2001 a v roce 2009. V těchto letech byl však pouze navýšen finanční limit pro nutnost oznámení dopravní nehody policii. „*Není to tak*

² Statistika nehodovosti: Statistické údaje nehodovosti na území ČR - Grafy - prosinec 2014 [online]. [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=cHJuPTE%3d>

dávno, kdy se Policie ČR musela volat prakticky ke každé dopravní nehodě. Ještě v roce 2000 byl totiž limit pro oznamovací povinnost nehody stanoven na pouhých 1 tisíc korun. Od ledna 2001 jej tehdy nový zákon výrazně zvýšil, a to na 50 tisíc korun. Částka, od které nehodu musíme hlásit, se výrazně zvýšila, a to na dvojnásobek. Od ledna 2009 je 100 tisíc korun.³

Graf 1 - Statistika dopravních nehod



Zdroj: Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2011, vlastní zpracování

Nicméně průzkumy ukazují, že postoje řidičů i ostatních cestujících k používání bezpečnostních pásů jsou stále tristní, zejména pak u cestujících na zadních sedadlech (graf 2). Ti si zjevně neuvědomují, že při čelním nárazu vozidla jejich tělo letící prudce vpřed může spolehlivě usmrtit připoutaného cestujícího před sebou. Přitom zapnutí bezpečnostního pásu netrvá více než několik vteřin a může zachránit lidský život. Svůj podíl na špatném přístupu cestujících k bezpečnostním pásům měla jednak konstrukce dřívějších automobilů, kdy užívání bezpečnostních pásů nebylo při jízdě příliš pohodlné, automobily jimi byly vybavovány až od roku 1959⁴ a to nejprve pouze přední sedadla, až později se rozšířily i na sedadla zadní, ale také legislativa. Od roku 1967 byla v ČR zákonem zavedena povinnost používat bezpečnostní pásy, ale pouze na předních sedadlech a pouze při jízdě mimo obec. V roce 1976 jsou již povinni se připoutat cestující na všech sedadlech, ale opět pouze při jízdě mimo obec. A teprve v roce 1990 vstoupila v platnost povinnost užití bezpečnostního pásu na všech sedadlech i při jízdě v obci.⁵ Ze statistik je patrné, že na sedadle řidiče se stále dost lidí nepoutá, ačkoliv by tak měli učinit pro svoji vlastní bezpečnost

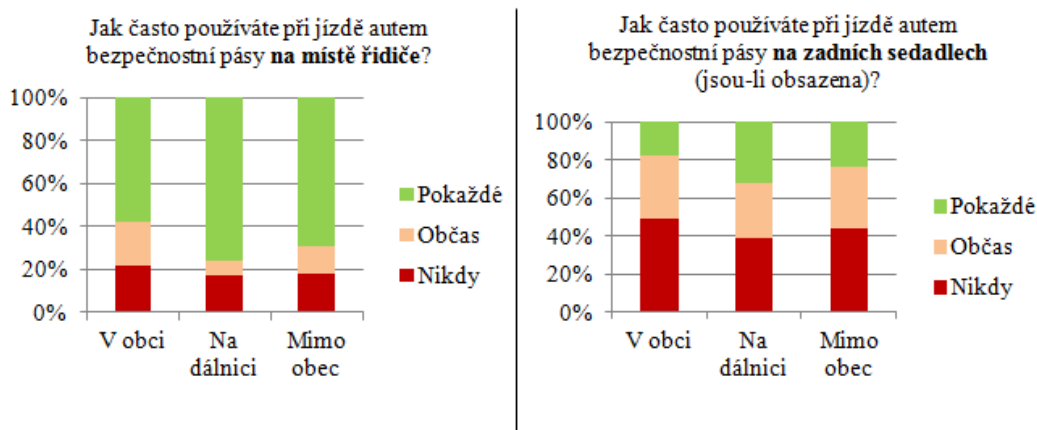
³ KOMISAŘ NPOR. BC. EŠPANDR, Pavel. Dopravní inspektorát Ústí nad Orlicí: Jak postupovat v případě dopravní nehody od ledna 2009 [online]. [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/dopravni-inspektorat-usti-nad-orlici.aspx?q=Y2hudW09Mg%3D%3D>

⁴ První použití třibodového automobilního bezpečnostního pásu v sériové výrobě (Volvo PV 544)

⁵ DVOŘÁK, František. Zachránil víc než milion lidí, připoutal je: Československo se poutá. Dostupné také z: http://auto.idnes.cz/zachranil-vic-nez-milion-lidi-pripoutal-je-fjn-/automoto.aspx?c=A090130_135736_automoto_fdv

jako to první při usednutí do vozidla. Jejich přístup zejména při jízdě v obci je k použití bezpečnostních pásů laxní. Cestující na zadních sedadlech používají bezpečnostní pásy ještě mnohem méně než cestující na předních sedadlech, přitom pro ně platí stejné fyzikální zákony a z nich plynoucí důsledky při dopravní nehodě.

Graf 2 - Statistika používání bezpečnostních pásů



Zdroj: BESIP, vlastní zpracování

Jak již bylo uvedeno, použití bezpečnostních pásů je nařízeno dopravními předpisy. V současné době je jako donucovací opatření při porušování těchto předpisů použito blokové pokuty ve výši do 2 000 Kč, nebo pokuty ve správním řízení ve výši od 1 500 do 2 000 Kč a v obou případech jsou na konto řidiče přičteny 3 trestné body.⁶

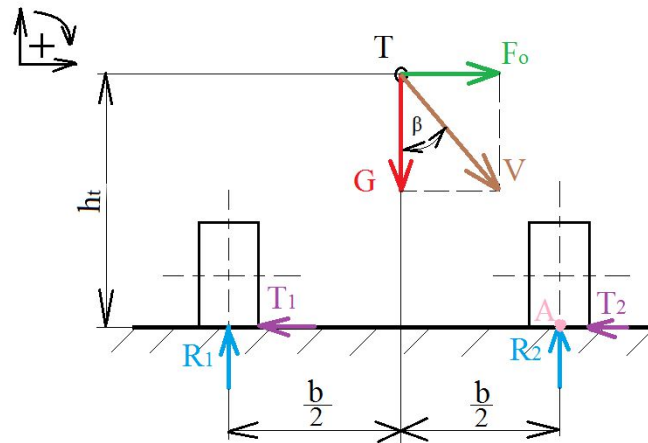
1.2 Překlopení vozidla při jízdě zatáčkou

Při jízdě zatáčkou může dojít ke dvěma nežádoucím situacím, ke smyku nebo k překlopení vozidla. Protože tato bakalářská práce se zabývá simulátorem překlápění automobilu, bude uvažována pouze druhá zmíněná nežádoucí situace. Pro stanovení podmínky, kdy dojde k překlopení vozidla, budeme vycházet z obrázku 1. Dále budeme předpokládat, že součinitel adheze je dostatečně vysoký, aby nedošlo ke smyku vozidla.⁷

⁶ *Jízda bez bezpečnostních pásů* [online]. [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.12boduzp.cz/bodovany-prestupek-125c-1k-34.html>

⁷ ING, SVOBODA, Pavel. 2014. *PROBLEMATIKA EXPERIMENTÁLNÍHO ZJIŠŤOVÁNÍ INERCIÁLNÍCH CHARAKTERISTIK SILNIČNÍCH VOZIDEL: Jízda zatáčkou*. Pardubice. Dostupné také z: http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/56219/3/SvobodaP_ProblematikaExperiment%C3%A1ln%C3%ADho_MT_2014.pdf. DIZERTAČNÍ PRÁCE. UNIVERZITA PARDUBICE DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA.

Obrázek 1 - Jízda zatáčkou



Zdroj: Vlastní zpracování

Legenda:	F_o – Odstředivá síla	G – Tíha vozidla
	V – Výslednice tíhy vozidla a odstředivé síly	R_1, R_2 – Normálové reakce
	T_1, T_2 – Tečné reakce	h_t – Výška těžiště vozidla
	$\frac{b}{2}$ – polovina rozchodu kol	v – rychlost vozidla
	m – hmotnost vozidla	r – poloměr zatáčky
	g – tíhové zrychlení	A – Bod klopení vozidla
	T – Těžiště vozidla	M_{kl} – Klopný moment
	M_{st} – Stabilizační moment	β – Úhel odklonu výslednice od vodorovné roviny

Podmínka, aby při jízdě zatáčkou nedošlo k překlolení vozidla:

$$\sum M_{iA} \leq 0 \quad (1)$$

$$M_{kl} - M_{st} \leq 0 \quad (2)$$

$$M_{kl} \leq M_{st} \quad (3)$$

$$F_o \cdot h_t \leq G \cdot \frac{b}{2} \quad (4)$$

$$m \cdot \frac{v^2}{r} \cdot h_t \leq m \cdot g \cdot \frac{b}{2} \quad (5)$$

$$v \leq \sqrt{\frac{r \cdot g \cdot b}{2 \cdot h_t}} \quad (6)$$

Při jízdě zatáčkou působí na vozidlo klopný moment M_{kl} , který je vyvozen odstředivou silou F_o na rameni rovnající se výšce těžiště vozidla h_t . Zároveň proti klopnému momentu působí moment stabilizační M_{st} od tíhy G na rameni rovnající se polovině rozchodu kol $\frac{b}{2}$. Klopný moment od odstředivé síly způsobuje náklon kolem bodu A procházejícího průsečíkem střední roviny kola a základny (vozovky). Pokud je tento moment větší, než je stabilizační moment, dojde k převrácení vozidla kolem bodu A . Aby vozidlo bezpečně projelo zatáčkou, aniž by se

překlopilo, musí být jeho rychlost menší nebo maximálně rovna hodnotě vypočtené ze vztahu (6). Z podmínky, aby při jízdě zatáčkou nedošlo k překlopení vozidla, graficky vyplývá, že průsečík směrnic výslednice odstředivé síly a tíhy V musí ležet uvnitř rozchodu kol, resp. procházet maximálně průsečíkem střední roviny vnějšího kola s vozovkou (bod A). Úhel odklonění výslednice odstředivé síly a tíhy od svislého směru je úhel, pod kterým by v příčném směru měla být vozovka v zatáčce o daném poloměru a pro danou rychlost klopena, aby výslednice odstředivé síly a tíhy byla kolmá k povrchu vozovky.

1.3 Testy překlopení – Rollover crash tests

Pro vyhodnocení odolnosti vozidla vůči převrácení a účinnosti pasivní bezpečnosti při převrácení automobilu bylo vymyšleno několik testů. Všechny tyto testy patří do skupiny testů překlopení (anglicky Rollover crash tests). Některé testují pouze odolnost vůči překlopení, jiné třeba jen pevnost střechy, další zkoušejí pasivní bezpečnost, některé vyhodnocují více již zmíněných věcí z jednoho testu. Nicméně, téměř vždy se v českém jazyce setkáme pouze s názvem test překlopení bez bližší specifikace. Proto jsem se rozhodl několik z testů překlopení zde uvést a naznačit jejich princip.

Testy překlopení nejsou tak známé jako crash testy při čelních či bočních nárazech. Důvod je prostý. Nehody, kdy dojde k překlopení vozidla, tvoří jen několik málo procent z celkového počtu dopravních nehod, a proto jim není věnováno tolik pozornosti. Největší podíl všech dopravních nehod jednoznačně náleží nehodám s čelním nárazem, následuje náraz z boku a náraz zezadu. Ačkoliv dochází k překlopení vozidla v silničním provozu zřídka, následky bývají často horší než při nejčastějších druzích nehod. K největšímu rozšíření nehod s překlopením došlo v Americe při uvedení na trh vozidel typu SUV v 80. letech 20. století. První vozy tohoto typu vycházely z lehkých nákladních vozidel. Byly primárně určeny pro jízdu v terénu, měly vysoko položené těžiště a byly obtížně říditelné při vysokých rychlostech a mimořádných situacích. Všechny uvedené vlastnosti jsou naprosto nevhodné pro běžný silniční provoz. V Americe se však i přes všechny nevýhody tento typ automobilů začal rychle těšit veliké oblibě a jejich prodejní čísla byla velmi vysoká, dokonce až tak vysoká, že každé čtvrté prodané vozidlo bylo typu SUV.⁸ Dalším rizikovým typem automobilu při nehodě s překlopením jsou vozidla typu kabriolet. Tyto automobily sice nejsou příliš náchylná k překlopení, ale chybějící střecha si žádá konstrukční opatření pro ochranu cestujících.

⁸ SUV Rollovers - The Hidden Secrets of the SUV Safety [documentary film]. Written, Produced and Directed by Barak Goodman and Marc Shaffer, USA, 2002. V digitalizované podobě dostupný prostřednictvím YouTube z: https://www.youtube.com/watch?v=N3_2_ghFx6w

Reálné testy překlopení lze rozdělit na dva druhy, statické a dynamické, ale dnes jsou také prováděny počítačové simulace dopravních nehod. Často tyto simulace dávají stejné nebo velice podobné výsledky jako dynamické crash testy. Nicméně vždy je potřeba ověřit správnost výpočtové simulace, která je pouze teoretická, reálným experimentem.

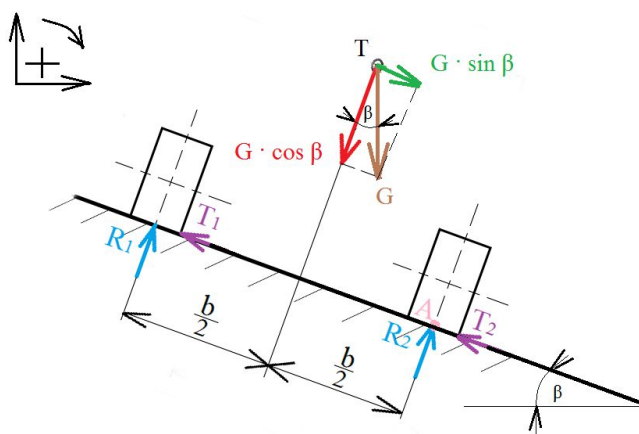
1.3.1 Statické testy překlopení

U statických testů je doba průběhu testu relativně dlouhá, jeho doba trvání se pohybuje od několika desítek vteřin až po několik minut, záleží na konkrétním druhu testu a zkoušeném vozidle.

1.3.1.1 Zkouška na sklopné plošině

Zkouškou na sklopné plošině se ověřuje stabilita vozidla vůči překlopení. Měří se úhel naklonění plošiny, kdy dojde ke ztrátě styku kol na jedné straně vozidla s plošinou. Vozidlo musí být k plošině upevněno takovým způsobem, aby se zabránilo bočnímu sklouznutí, pohybu v podélném směru a překlopení. Fixace pomocí upínacích pásů musí být provedena zároveň tak, aby kola, která jsou umístěna při naklápění výše od země, ztratila styk s plošinou, aniž by upínací pásy ovlivňovaly úhel, kdy se tak stane. Zároveň je však nutné, aby upevňovací pásy zachytily vozidlo těsně potom, co dojde ke ztrátě styku kol s plošinou.

Obrázek 2 – Schéma zkoušky na sklopné plošině



Zdroj: Vlastní zpracování

Měření probíhá tak, že se velice pomalu zvětšuje úhel mezi rovinou sklopné plošiny a vodorovnou rovinou. Úhel se zvětšuje do té doby, dokud kola, která jsou umístěna při naklápění výše od země a jsou na jedné straně vozidla, neztratí styk s plošinou, nebo dokud se nedosáhne požadovaného úhlu pro daný typ vozidla předepsaný normou.⁹ Při náklonu sklopné

⁹ BC. VOŇKA, Tomáš. 2009. POSOUZENÍ JÍZDNÍCH VLASTNOSTÍ CISTERNOVÉHO NÁVĚSU NA PŘEPRAVU ASFALTU A DALŠÍCH HORKÝCH MATERIÁLŮ: Zkouška na sklopné plošině. Pardubice. Dostupné také z:

plošiny o určitý úhel se odklání i tíha vozidla o tento úhel od roviny kolmé k rovině plošiny. V obrázku 2 je tento úhel znázorněn jako úhel β . Se zvětšujícím se náklonem sklopné plošiny se zvětšuje složka tíhy rovnoběžná s rovinou sklopné plošiny, tím se zvětšuje klopný moment kolem bodu A. Naopak s rostoucím náklonem sklopné plošiny se zmenšuje složka tíhy kolmá k rovině sklopné plošiny a tím se zmenšuje i stabilizační moment. V okamžiku, kdy klopný moment začne být větší než moment stabilizační, dochází ke ztrátě styku kol s vozovkou. V tomto okamžiku v grafickém řešení tohoto problému dojde k odklonění tíhy vozidla o takový úhel od roviny kolmé k rovině sklopné plošiny, kdy směrnice tíhy vozidla protne rovinu sklopné plošiny vně rozchodu kol.

Jak je patrné z obrázku 3, zkouška na sklopné plošině se používá pro nákladní cisternové automobily určené pro přepravu nebezpečného nákladu, který odpovídá definici podle evropské dohody o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí (ADR). Vozidlo se naklápí až do určitého úhlu předepsaného za podmínek uvedených v normě EHK č. 111.¹⁰ Dále se zkouška na sklopné plošině využívá pro autobusy, které mají těžiště poměrně vysoko nad vozovkou a vlivem odstředivé síly při jízdě zatáčkou by mohlo docházet k jejich překlopení, a speciální automobily určený primárně pro jiný než běžný silniční provoz. Osobní automobily se obvykle na sklopné plošině nezkoušejí, protože na pozemních komunikacích nenajdeme takový náklon, kde by se osobní automobily mohly převrátit, a protože jsou konstruována tak, aby při provozu došlo dříve k bočnímu smyku než k překlopení.

Obrázek 3 - Zkouška na sklopné plošině



Zdroj: www-cvdc.eng.cam.ac.uk, Martin Papež, busworld.org, awishcar.com, vlastní zpracování

http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/33770/1/VonkaT_Posouzeni%20jizdnich_MT_2009.pdf. Diplomová práce. UNIVERZITA PARDUBICE DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA.

¹⁰ EHK 111 *Stabilita proti překlopení cisternových vozidel* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://mezinarodni-predpisy.tuv-sud.cz/cs/predpisy/ehk-osn-integrované-ceske-preklady/ehk-111.html>

Pro autobusy je nařízen jediný cash test, který najdeme pod evropskou normou ECE R66, a ten vychází ze zkoušky na sklopné plošině (obrázek 4). Je při něm ověřována ochrana cestujících při překlopení. Autobus je na plošině, která je ve výšce 80 centimetrů nad zemí. Plošina se začne naklápět a autobus se z ní nechá spadnout vlivem klopného momentu. Boční sloupky a střecha musí být natolik pevné, aby se po pádu zachoval dostatečný prostor pro přežití cestujících.¹¹

Obrázek 4 - ECE R66



Zdroj: eobus.com, vlastní zpracování

1.3.1.2 Roof strength test¹²

Aby bylo možné zajistit bezpečí cestujících při překlopení, musí být po nehodě uvnitř vozidla zachován dostatečně velký prostor pro přežití posádky. Tento prostor bude dostatečně veliký, pokud se střecha automobilu nebude příliš deformovat. Když se střecha vozidla nadměrně zdeformuje, už není zaručeno, že i při správné funkci bezpečnostních pásů a airbagů posádka vyvázne bez zranění. Z toho plyne jednoduchý závěr. Pevnější střechy se méně deformují a snižují tak riziko, že posádka utrpí náraz hlavou do promáčklé střechy. Pevnější střechy také při překlopení zabraňují vyvržení pasažérů, obzvláště těch, kteří se nepoutají bezpečnostními pásy, skrz čelní okno, boční okno nebo rovnou otevřené dveře z automobilu, neboť k jevům jako vymáčknutí čelního skla, vysypání bočního okna nebo otevření dveří u vozidel s velmi pevnou střechou nedochází.

V tomto testu (obrázek5) se pevnost střechy určuje pomocí kovové desky, která začne tlačit silou na jednu stranu střechy automobilu. Kovová deska se pohybuje velice pomalu, ale konstantní rychlostí. Maximální síla, která je vyvozena kovovou deskou, v poměru k hmotnosti automobilu je známá pod pojmem strength – to weight ratio¹³ (SWR). Tento poměr kolísá v průběhu testu. Špička SWR zaznamenaná v průběhu testu kdykoliv předtím,

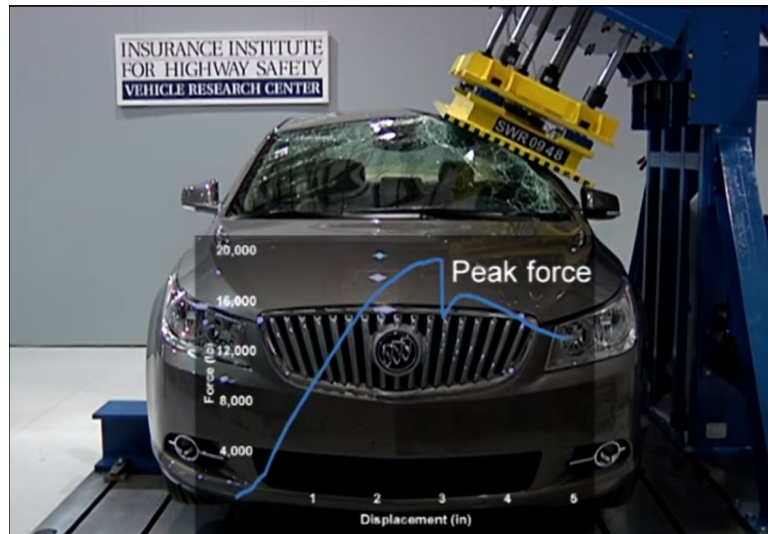
¹¹ DVOŘÁK, František. *Patrové autobusy by se měly zakázat, říkají odborníci na bezpečnost: Děti zkuste vzít podsedák*. Dostupné také z: http://auto.idnes.cz/patrove-autobusy-by-se-mely-zakazat-rikaji-odbornici-na-bezpecnost-1fy-/automoto.aspx?c=A110718_135127_automoto_fdv

¹² Test pevnosti střechy

¹³ Poměr působící síly k hmotnosti vozidla

než se střecha promáčkne o 12,7 cm (5 palců), je udávána jako výsledek testu pevnosti střechy.

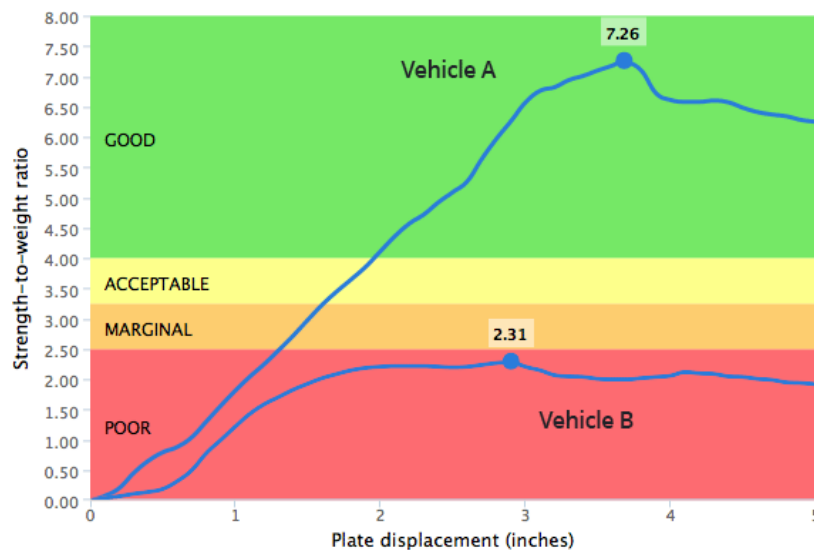
Obrázek 5 - Roof strength test



Zdroj: iihs.org, vlastní zpracování

Dobré hodnocení při tomto testu obdrží vozidla s hodnotou SWR vyšší nebo rovnou 4. To znamená, že střecha, ještě předtím než se promáčkne o 5 palců, vydrží zatížení nejméně čtyřikrát větší než je samotná hmotnost automobilu. Škála stupňů hodnocení seřazena od nejlepšího po nejhorší dle obrázku 6 vypadá takto: dobře, uspokojivě, dostatečně, špatně. V obrázku 6 je znázorněno, jak může vypadat průběh SWR v závislosti na posuvu kovové desky u dvou vozidel, které dosáhli výsledků na opačné straně stupnice - jedno ohodnoceno jako dobře, druhé jako špatně.

Obrázek 6 - Hodnocení testu pevnosti střechy



Zdroj: iihs.org

Jak již bylo uvedeno, tento test se vždy provádí do té doby, dokud se střecha nepromáčkne o hodnotu 5 palců. Nicméně tento test není příliš názorný, protože se u všech testovaných automobilů dosáhne stejné deformace střechy, ale síla, která je při jednotlivých testech vyvozena testovacím zařízením pro vytvoření zmíněné deformace, působící na vozidlo není viditelná. Aby tento test byl pro veřejnost více názorný, rozhodla se organizace IIHS jen pro ukázkou drobně test pozměnit. Místo konstantního deformace střechy byla použita stejná maximální hodnota zatěžovací síly vyvozená testovacím zařízením působící na dva testované automobily s různou hodnotou SWR. Rozdíl v pevnosti obou střech byl rázem viditelný na deformaci střechy (obrázek 7). Při tomto pozměněném testu již je najednou patrný rozdíl, který to může znamenat pro posádku během překlopení v reálném provozu.¹⁴

Obrázek 7 - Test pevnosti střechy se stejnou zatěžovací silou



Zdroj: iihs.org

1.3.2 Dynamické testy překlopení

U dynamických testů překlopení je doba průběhu testu velmi krátká, jejich délka se pohybuje v řádech jen několika málo sekund, tím se podstatně liší od testů statických.

1.3.2.1 FMVSS¹⁵ 208 rollover test

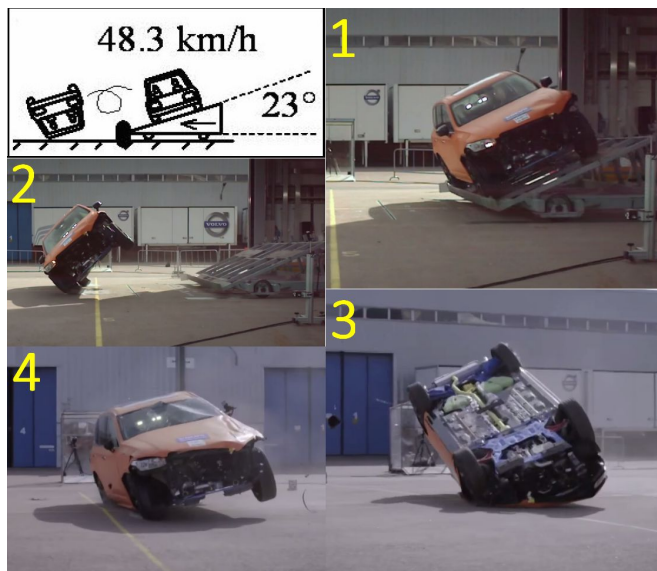
Test se zabývá ochranou pasažérů při nehodě. Vozidlo je umístěno na speciálních saních. Plocha saní, na které je vozidlo umístěno, svírá s vodorovnou rovinou úhel 23°. Saně se mohou pohybovat ve směru kolmém na podélnou osu automobilu. Při testu se saně i s automobilem rozjedou na rychlost 48 km/h (30 mph). Po dosažení této rychlosti se saně prudce zastaví, ale vozidlo vlivem své setrvačnosti pokračuje v započatém pohybu, protože není k saním nijak připoutáno, a je vrženo na pevnou zem. Vozidlo se o zem zapře koly a následně začne rolovat kolem své podélné osy (obrázek 8). Při testu vozidlo obvykle vykoná

¹⁴ Volně přeloženo z: *About our tests: Roof strength test* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/ratings-info/roof-strength-test>

¹⁵ FEDERAL MOTOR VEHICLE SAFETY STANDARDS - normy USA pro bezpečnost motorových vozidel

více než jednu celou otáčku kolem své podélné osy a dojde tak k více než jednomu kontaktu střechy se zemí. Tento test je využíván pro analýzu chování konstrukce automobilů a dbá se zejména na prostor pro přežití, který zbyl pro posádku po provedení testu.¹⁶

Obrázek 8 - FMVSS 208 rollover test



Zdroj: youcarnews.com, Test and simulation tools in a rollover protection development process, vlastní zpracování

1.3.2.2 Soil trip rollover test¹⁷

Jedná se o crash test, kdy je vozidlo umístěno na speciálních saních, které se rozjedou směrem k hlinité dopadové půdě. Po prudkém zpomalení saní dojde ke sklouznutí automobilu a následnému převrácení do hlinité půdy (obrázek 9). Vozidlo je obsazeno testovacími figurínami a vyhodnocuje se, zda by došlo k poranění přepravovaných osob, zda a v jakých místech by došlo ke kontaktu testovací figuríny s vnitřním prostorem vozidla, zda správně zafungovaly airbago a bezpečnostní pásy a také jestli byl zachován dostatečný prostor pro přežití posádky.

Obrázek 9 - Soil trip rollover test



Zdroj: racing95.ru, vlastní zpracování

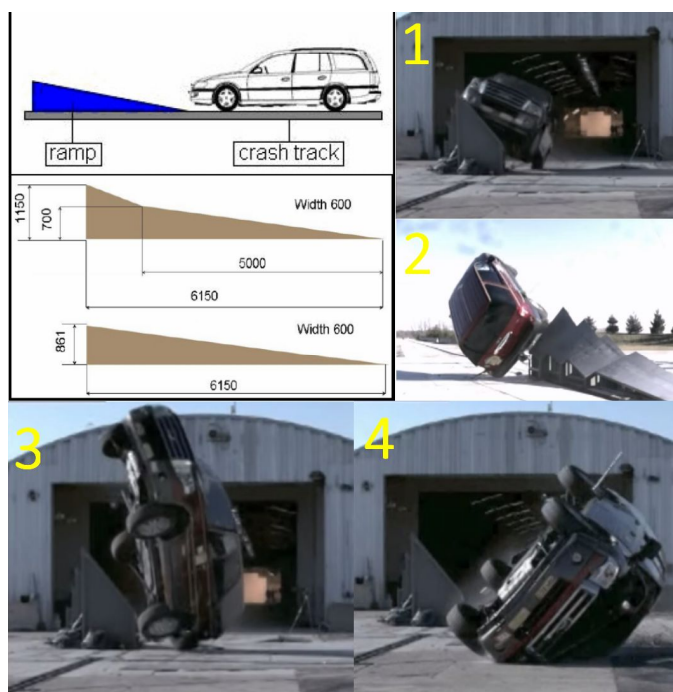
¹⁶ LINSTROMBERG, Mike, Gerd SCHOLPP a Oliver SCHERF. Volně přeloženo z: *TEST AND SIMULATION TOOLS IN A ROLLOVER PROTECTION DEVELOPMENT PROCESS: TESTS TOOLS.* : p. 5. Dostupné také z: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/Pdf/ESV/esv19/05-0122-O.pdf>

¹⁷ Volný překlad: Překlopení v hlinité půdě

1.3.2.3 Corkscrew rollover test¹⁸

V tomto testu se dosáhne rotace automobilu kolem jeho podélné osy za pomoci rampy. Vozidlo koná pohyb v přímém směru a koly na jedné straně najede na rampu. Ta zapříčiní, že vozidlo ztratí styk s testovací dráhou a začne konat pohyb, který připomíná spirálu. Vlivem tohoto pohybu vozidlo následně dopadá na bok nebo na střechu (obrázek 10). Automobil je osazen posádkou, kterou představují testovací figuríny. Po crash testu se zkoumá deformace karoserie, zda zůstal dostatečný prostor pro přežití, funkce airbagů, bezpečnostních pásů a zda by nedošlo vlivem překlopení k poranění posádky, případně jaký by mělo poranění u jednotlivých cestujících rozsah. Tento test simuluje najetí vozidla do svodidel nebo do silniční betonové bariéry a jeho následná překlopení.

Obrázek 10 - Corkscrew test



Zdroj: bravica.tv, Test and simulation tools in a rollover protection development process, vlastní zpracování

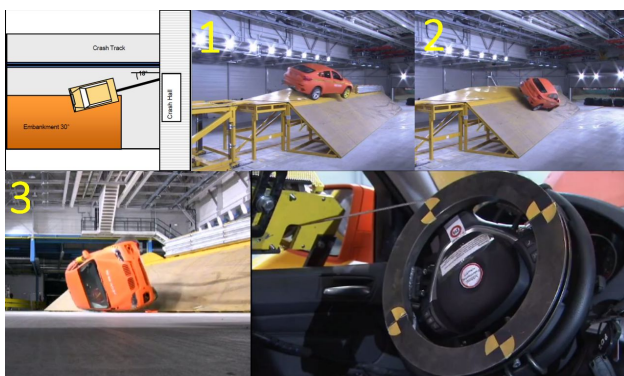
1.3.2.4 Embankment rollover test

Tento test simuluje situaci, kdy vozidlo najede do bočního svahu (obrázek 11). To se může běžně stát, když vozidlo opustí svůj jízdní pruh a přejeđe až za hranici koruny silnice, kde následuje svah. V tomto testu vozidlo opouští přímou dráhu pod určeným úhlem a najíždí na boční svah, který je odkloněn o daný úhel od vodorovné roviny. Oba úhly se mohou měnit, aby při testu opravdu došlo k překlopení. Dále je na zvážení, jakým způsobem bude vozidlo při testu řízeno. Vozidla s velmi nízko umístěným těžištěm se špatně převracejí, takže je

¹⁸ Spirálový test překlopení

zapotřebí, aby se při jízdě ve svahu kola natočila tak, že vozidlo bude mít snahu se vrátit zpět do původní přímé dráhy.¹⁹

Obrázek 11- Embankment rollover test



Zdroj: racing95.ru, Test and simulation tools in a rollover protection development process, vlastní zpracování

1.3.2.5 Curb trip rollover test²⁰

Tento test znázorňuje chování vozidla při „zakopnutí“ o nízkou překážku, např. o obrubník. Vozidlo s uvnitř připoutanými testovacími figurínami je umístěno na speciálních saních. Ty se začnou pohybovat směrem k překážce. Saně se zastaví při nárazu na překážku. Vozidlo se však o překážku vzepře oběma koly na jedné straně a po „zakopnutí“ se začne otáčet a dopadne na střechu (obrázek 12). Opět se zkoumá a vyhodnocuje odolnost karoserie proti účinkům dopravní nehody s překlopením i funkce ostatních prvků pasivní bezpečnosti, které mají za úkol ochránit posádku. Dále se vyhodnocuje pomocí testovacích figurín, jaké důsledky by podobná nehoda ve skutečném provozu měla pro cestující.

Obrázek 12 – Curb trip rollover test



Zdroj: ford-excursion.autoplaneta.cz, vlastní zpracování

¹⁹ LINSTROMBERG, Mike, Gerd SCHOLPP a Oliver SCHERF. Volně přeloženo z: *TEST AND SIMULATION TOOLS IN A ROLLOVER PROTECTION DEVELOPMENT PROCESS: TESTS TOOLS.* : p. 4. Dostupné také z: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/Pdf/ESV/esv19/05-0122-O.pdf>

²⁰ Volný překlad: Zakopnutí o obrubník

1.3.2.6 Losí test

Pod názvem losí test se skrývají dva různé testy vozidel. Ani jeden z nich nemá za účel převrátit vozidlo, avšak mi přišlo vhodné je oba v této práci uvést, jelikož s danou problematikou úzce souvisejí. Jeden se zabývá zachováním prostoru pro přežití (můžeme se setkat i s názvem losí crash test), druhý ověřuje stabilitu vozidla při úhybném manévru.

Losí crash test spočívá v tom, že se automobil s testovacími figurínami rozjede proti figuríně, která představuje losa evropského. Srážka proběhne v rychlosti 70 km/h. Střet vozidla s dospělým jedincem losa evropského (obrázek 13), který často váží více než tři sta kilogramů a jeho výška může být i přes 2 metry, dopadá často tragicky. Automobil podsekne losovi evropskému nohy a ten se valí přes kapotu a střechu automobilu. Po srážce se vyhodnocuje, zda zůstal zachován dostatečný prostor pro přežití posádky a případná poranění posádky.

Obrázek 13 - Losí crash test



Zdroj: trustcarprice.com

„Druhý“ losí test ověřuje boční stabilitu vozidla. Jedná se o úhybný manévr před náhlou překážkou na vozovce a následné vrácení se do původního směru jízdy. S tímto testem obvykle mívají problém vozidla vyšších hmotností a vozidla s výše umístěným těžištěm (obrázek 14). Švédský automagazín Teknikens Värld používá tento test již od roku 1970. Nejvíce se však tento test zviditelnil v roce 1997, kdy se novináři z výše jmenovaného automagazínu Robertu Collinsovi podařilo převrátit Mercedes – Benz třídy A na střechu při rychlosti pouhých 60 km/h. Tím se tento test stal známý celosvětově.²¹

²¹ BALAN, Vlad. 2014. *The Moose Test's History* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.motorward.com/2014/03/moose-tests-history/>

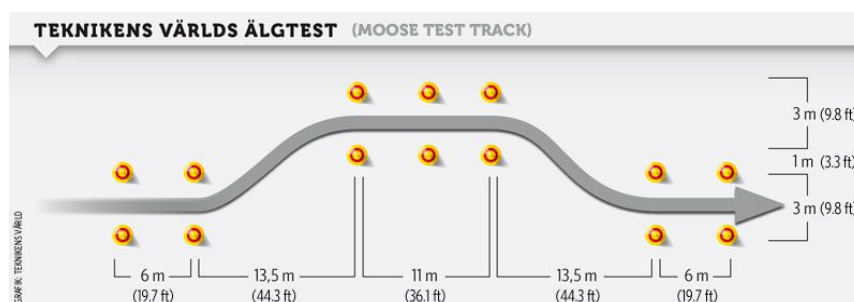
Obrázek 14 - Losí test



Zdroj: motorward.com, thetruthaboutcars.com, aclassinfo.co.uk, autolatest.ro, auto.sme.sk, autoblog.com, vlastní zpracování

Tento test probíhá na suché vozovce na dráze, která je vytyčena dopravními kužely. Dráha má tvar písmene S za účelem vyhnutí se náhlé překážce a okamžitému vrácení se do původního směru jízdy, aby nebyly ohrožovány protijedoucí vozidla. Rozměry testovací dráhy jsou uvedeny na obrázku 15. Zkoušený automobil při tomto testu dosahuje hmotnosti odpovídající maximální dovolené hmotnosti, kterou udává výrobce vozidla. Aby při testu byl v automobilu přítomen pouze řidič, jsou ostatní cestující nahrazeni nákladem v podobě například barelů s vodou připoutaných na sedadlech. Vozidlo při testu musí být v dobrém technickém stavu, zejména se klade důraz na stav pneumatik. Test probíhá od nízkých rychlostí s tím, že se rychlost průjezdu vytyčenou dráhou postupně zvyšuje až do doby, kdy automobil shodí některý z kuželů, nebo dostane smyk. Automagazín Teknikens Värld na svých webových stránkách udává, že dobré automobily tento test zvládnou i v rychlostech vyšších než 70 km/h, nejlepší pak jen těsně nad 80 km/h.²²

Obrázek 15 - Zkušební dráha pro losí test



Zdroj: thetruthaboutcars.com

²² RABE, Mattias. 2014. Volně přeloženo z: *Resultat i Teknikens Världs älgtest* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://teknikensvarld.se/algtest/>

2 Návrh konstrukčního řešení simulátoru překlápění

Tato část je věnována návrhu celkové koncepce simulátoru překlápění. Odolnost automobilů a jejich schopnost chránit posádku se pro případ nehody zkouší různými druhy crash testů, jak bylo popsáno výše. Simulátor překlápění bude sloužit k navozování pocitu při nehodě, kdy dojde k překlopení vozidla. Zájemci si budou moci vyzkoušet na vlastní kůži takovou nehodu, ale na rozdíl od automobilu, který je zkoušen, jak obstojí při dopravní nehodě, člověku nehrozí vznik žádného šrámu. Zvláště při překlopení vozidla, ale i při jiných dopravních nehodách, je pro posádku nesmírně důležité, aby byli ve vozidle připoutáni bezpečnostními pásy, aby nedocházelo k těžkým zraněním nebo úmrtím. Účinnost bezpečnostních pásů mnoho řidičů i spolujezdců podceňuje a právě simulátor překlápění by je měl po bezpečném vyzkoušení si nehody s překlopením přesvědčit o tom, jak je užití bezpečnostních pásů při jízdě důležité, jednoduché, v dnešní době i pohodlné a že jim bezpečnostní pás může zachránit život.

Simulátor překlápění je z konstrukčního pohledu přívěs se speciální nastavbovou konstrukcí, na které je otočně uložený automobil.²³ Při spuštění pohonu simulátoru se automobil začne otáčet kolem své podélné osy a navozuje tak překlopení automobilu v reálném provozu.

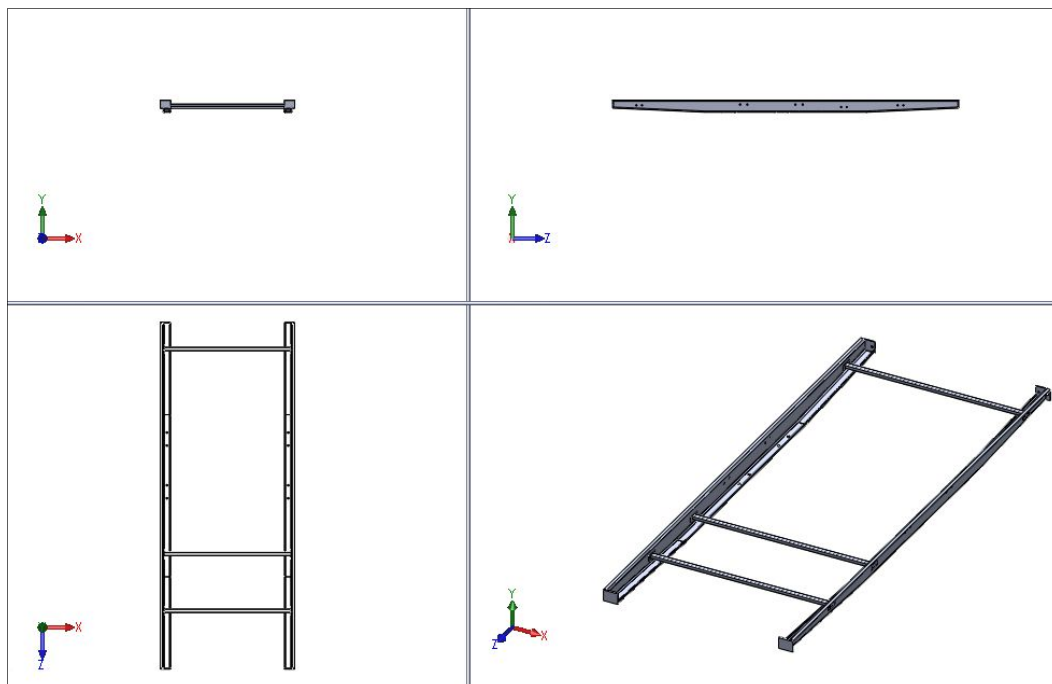
V této kapitole budou uvedeny jednotlivé konstrukční skupiny a díly, které budou při stavbě simulátoru překlápění použity. Tyto skupiny a díly zde budou popsány jak z hlediska funkčnosti tak i z hlediska tvaru a rozměrů. V příloze je pak umístěn technický výkres celého simulátoru překlápění.

2.1 Rám

Rám, ke kterému je připevněna většina částí simulátoru, tvoří spojovací a nosnou část simulátoru. Zároveň rám přenáší zatížení, suvné a brzdné síly. Pro účel simulátoru překlápění se jeví jako nejvíce vhodný rám žebřinový. Navržený žebřinový rám simulátoru překlápění je tvořen dvěma podélníky, které jsou spojeny třemi příčkami (obrázek 16). K oběma podélníkům jsou zepředu i zezadu připevněny pomocí svařování vytvarované spojovací desky, ke kterým se připevní opět pomocí svařování přední a zadní čelo. Jednotlivé příčky jsou k rámu připevněny pomocí šroubových spojů.

²³ V této bakalářské práci bylo jako vozidlo pro simulátor překlápění uvažováno vozidlo Škoda Fabia II.

Obrázek 16 - Rám



Zdroj: Vlastní

2.1.1 Díly připevněné k rámu:

a) Svařováním

- Přední čelo
- Zadní čelo
- Oj
- Schody
- Výztuhy zadní vzpěry (dvakrát)
- Výztužný trojúhelník zadní nohy (dvakrát)

b) Šroubovým spojem

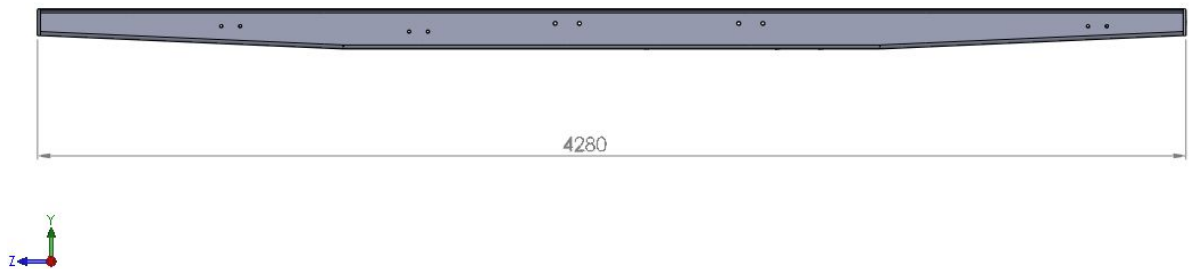
- Náprava (dvakrát)
- Blatník (dvakrát)
- Zadní podpěrná noha (dvakrát)

2.1.2 Podélníky - profily, materiál a rozměry

Podélník tvoří podélnou část žebřinového rámu. Jako jeho materiál byl vybrán ořezavzdorný konstrukční ocelový plech s dobrou svařitelností o tloušťce 5 mm. Podélníky jsou zatěžovány zejména ohybovým namáháním, tudíž byl podélný profil podélníků (obrázek 17) zvolen s nestejnou výškou. Největší ohybové namáhání podélníků bude působit v prostřední části, proto je zde jeho výška největší a ke krajům se zmenšuje. Délka podélníků byla zvolena tak,

aby byla jen o málo větší než délka vozidla simulátoru²⁴, ale přesto se mohlo bezproblémově vozidlo na simulátoru otáčet.

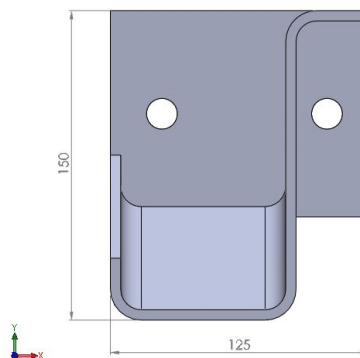
Obrázek 17 – Podélný profil podélníků



Zdroj: Vlastní

Příčný profil podélníků (obrázek 18) byl zvolen jako Z profil kvůli vhodnému tvaru. Spodní část podélníků je vhodná pro uchycení náprav, boční pro spojení obou podélníků příčkami, umístění schodů, blatníků atp., horní pro vytvoření spoje s předním a zadním čelem. Dále je spodní část Z profilu vhodná pro umístění elektrického vedení, které po celou délku přívěsu povede až k zadním světlům.

Obrázek 18 - Příčný profil podélníků



Zdroj: Vlastní

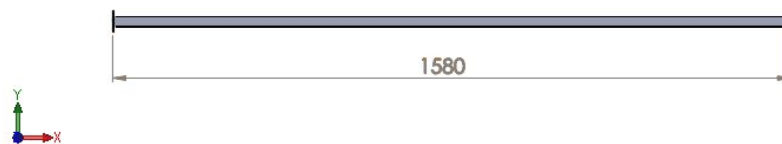
2.1.3 Příčky - profily, materiál a rozměry

Příčky tvoří spojovací část mezi pravým a levým podélníkem a jejich délka má největší podíl na celkové šířce rámu. Ačkoliv má vozidlo simulátoru šířku 1 642 mm, konstrukční řešení umožnilo délku příček pouze 1 580 mm a tím mohl být rám přívěsu užší, než se zprvu předpokládalo. I přes tento užší rám by mělo dojít bez změn v konstrukci simulátoru

²⁴ Škoda Fabia II – délka 4 000 mm

k bezpečnému otáčení vozidla.²⁵ Největším problémem při návrhu konstrukce rámu bylo najít optimální řešení umístění příček, neboť při otáčení vozidla simulátoru překlápění se bude střecha vozidla dostávat pravděpodobně až pod horní část rámu. Tudíž byly použity pouze tři příčky, dvě pod přední částí vozidla simulátoru a jedna za předním čelem. Materiálem pro příčky byla vybrána ocel s dobrou svařitelností. Podélné profily příček (obrázek 19) byly navrženy stejných výšek. Na koncích příček jsou připevněny svarovými spoji spojovací plechy s dírami pro šrouby. Pomocí šroubových spojů pak dojde ke spojení příček a podélníku.

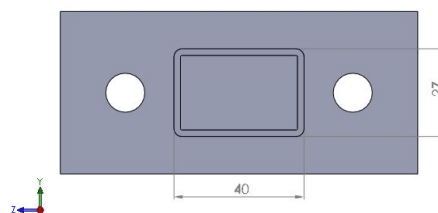
Obrázek 19 - Podélný profil příček



Zdroj: Vlastní zpracování

Příčný profil příček (obrázek 20) byl zvolen uzavřeného obdélníkového tvaru s rozměry dle ČSN EN 10 305-5, protože uzavřený profil má větší tuhost nežli profil otevřený, navíc tažený obdélníkový profil z oceli má i relativně nízkou hmotnost.²⁶

Obrázek 20 - Příčný profil příček



Zdroj: Vlastní

2.2 Nápravy

Nápravy nesou odpérované části přívěsu, přenáší se na ně hmotnost těchto částí, přenášejí surné a brzdné síly, tvoří oporu pro části brzd a samotné nápravy patří mezi hmoty neodpérované. Nápravy jsou uchyceny k rámu a na obou koncích náprav jsou připevněna kola.

²⁵ Bude záležet na přesné poloze těžiště vozidla speciálně upraveného pro simulátor.

²⁶ 1,938 kg/m.

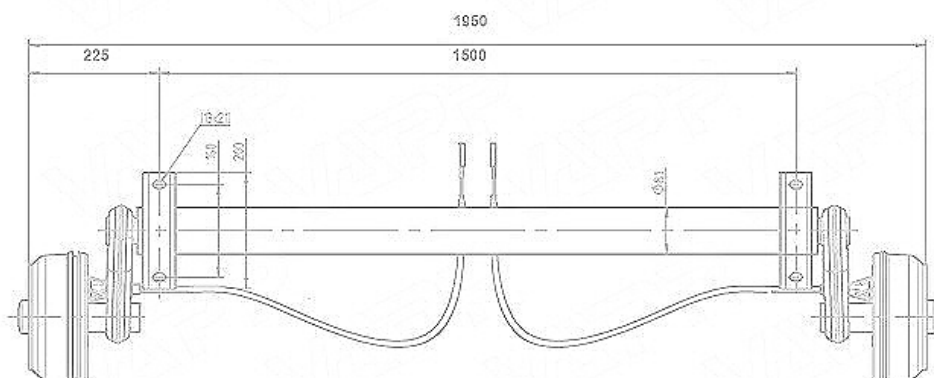
2.2.1 Nápravy simulátoru

Pro simulátor byly vybrány dvě tuhé brzděné nápravy od firmy KNOTT s označením GB 8 (obrázek 21). Každá náprava má následujícími parametry:

- Nosnost – 850 kg
- Šířka náprav ve středech úchytů – 1 500 mm
- Vzdálenost dosedacích ploch kol – 1 950 mm
- Rozteč kolových úchytů – 4 díry x 100 mm

Tuhé nápravy se vyznačují tuhým spojovacím celkem - nápravnicí, na jejichž koncích jsou uložena kola. Je odpérována jako celek, takže výkyv jednoho kola přímo ovlivňuje výkyv kola druhého. Nápravnice je namáhána kombinovaným namáháním, proto musí být dostatečně pevná a tuhá a zároveň co nejlehčí, protože je součástí hmot neodpérováných. Výrobce KNOTT proto používá mezikruhový profil. Prodejce těchto náprav dále udává, že tyto nápravy vyznačují vysokým jízdním komfortem, dlouhou životností, speciálními kruhovými pružícími elementy s vysokým vlastním útlumem.²⁷

Obrázek 21 - Tuhá brzděná náprava KNOTT GB 8



Zdroj: privesy.net; vlastní zpracování

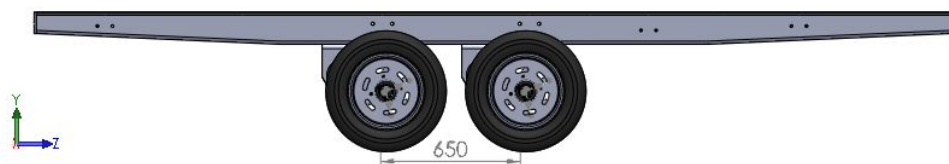
Celková hmotnost simulátoru se předpokládá na 1 300 kg. Tuto hmotnost by bez problémů unesla náprava pouze jedna o vyšší nosnosti. Dvě nápravy však byly použity zejména kvůli lepší stabilitě ať už při manipulaci se simulátorem na místě nebo při jízdě na pozemních komunikacích. Dále jsou dvě nápravy vhodnější kvůli lepšímu rozložení zatížení a kvůli použitým pneumatikám.²⁸ Nápravy by měly být umístěny tak, aby střed rozvoru náprav byl umístěn pod těžištěm celého simulátoru. Tudíž jejich dosavadní umístění ještě není konečné,

²⁷ Náprava KNOTT GB 8 (850 kg) b=1500 mm 200x50 (100x4): Popis [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.privesy.net/65-produkt/7-napravy-a-dily-naprav/52-brzdene-napravy/1184-naprava-knott-gb-8-850-kg-b-1500-mm-200x50-100x4.html>

²⁸ Důvod uveden v kapitole: 2.3.3 Pneumatiky

ale předpokládá se, že nápravy budou umístěny od středů podélníků blíže k přední části, protože poloha těžiště celého simulátoru bude ovlivněna zejména použitým automobilem, který bude pro simulátor speciálně upraven. V přední části se také bude nacházet pohon a převodové ústrojí simulátoru a v neposlední řadě je zde také oj. Protože budou obě nápravy neřídící, měl by být rozvor náprav malý, aby nedocházelo k nadměrnému smýkání kol po vozovce a tím k jejich přílišnému opotřebovávání. Jako přijatelná hodnota rozvoru náprav vzhledem k použitým kolům se jeví hodnota 650 mm (obrázek 22).

Obrázek 22 - Rozvor náprav



Zdroj: Vlastní

Rozvor je tedy v rámci možností malý a zároveň nehrozí kontakt kol a pravděpodobnost zaklínění předmětů mezi ně je při běžném silničním provozu mizivá, neboť mezi běhouny pneumatik zbývá vzdálenost necelých 90 mm.

2.3 Kola

Kolo tvoří poslední článek podvozku a je v přímém styku s vozovkou. Kola nesou celé vozidlo, zachytávají a tlumí rázy a podporují tak pérování a tlumiče. Kolo tvoří tyto části:

- Hlava kola
- Vlastní kolo
- Pneumatika

2.3.1 Hlava kola

Hlava kola tvoří otočné uložení kola na nápravě. Je k ní upevněno vlastní kolo. Otočné uložení musí zajistit volné otáčení kola bez zadrhávání a bez vůlí. Prodejce vybrané nápravy udává, že výrobce použil pro vyhovění těmto požadavkům bezúdržbová dvouřadá kuličková ložiska s kosoúhlým stykem. Hlava kola se dodává jako součást nápravy, tudíž zde nebude dále popsána.

2.3.2 Vlastní kolo

Vlastní kolo lze rozdělit na dvě části, středovou část a ráfek. Středová část může mít tvar disku, hvězdice nebo může být drátovaná. Pro simulátor překlápění byla vybrána plechová disková kola (obrázek 23) především kvůli jejich nízké pořizovací ceně, která je nižší než u kol hvězdicových litých z lehkých slitin, a navíc pro účel simulátoru plně postačují. Disk má tvar kotouče, je opatřen dosedací plochou na hlavu kola, otvory pro kolové šrouby a otvory, které disk odlehčují a zároveň napomáhají k lepšímu chlazení brzd. K disku je na obvodu připevněn ráfek. Ráfek slouží pro uložení pláště pneumatiky, které musí být takové, že ani při přenosu největších sil nesmí dojít k protočení pláště na ráfku. Ráfek bývá dle typu provedení plochý nebo prohloubený, přičemž prohloubený ráfek se používá pro osobní automobily a je použit i na vybraném kole.

Obrázek 23 - Plechové diskové kolo KFZ 4,5Jx13 4x100 ET38



Zdroj: Heureka.cz

Parametry diskového kola od firmy KFZ Stahlrad:

- Jmenovitý průměr v dosedací ploše pro patku pláště – 13 "
- Jmenovitá šířka ráfku v dosedací ploše pro patku pláště – 4,5 "
- Tvar okraje ráfku – J
- Druh ráfku – prohloubený (x)
- Počet děr pro kolové šrouby – 4
- Rozteč děr pro kolové šrouby – 100 mm
- Zális (ET) – 38 mm²⁹

Výše uvedené diskové kolo pro simulátor překlápění bylo vybráno kvůli jeho malému jmenovitému průměru v dosedací ploše pro patku pláště a s tímto průměrem je jedno z nejpoužívanějších kol pro osobní automobily, z čehož plyne jeho poměrně nízká pořizovací

²⁹ KFZ 4,5Jx13 4x100 ET38: Hlavní charakteristiky [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: http://plechova-kola.heureka.cz/kfz-4_5jx13-4x100-et38/specifikace/#section

cena a snadná dostupnost. Malý průměru v dosedací ploše pro patku pláště také přispívá k malé výšce těžiště celého simulátoru.

2.3.3 Pneumatiky

Pneumatika tvoří pružnou část kola, která je v bezprostředním styku kola s vozovkou a zajišťuje přenos sil mezi kolem a vozovkou. Zároveň zachytává a tlumí rázy vzniklé při jízdě. Pro vybrané diskové kolo byla vybrána pneumatika s velmi běžnými rozměry pro osobní automobily, Barum Brillantis 2 (obrázek 24) s následujícími parametry:

- Šířka profilu pláště – 165 mm
- Profilové číslo – 70
- Konstrukce pláště – R (radiální)
- Průměr pláště v dosedací ploše pro patku pláště - 13 "
- Index nosnosti – 79³⁰
- Kategorie rychlosti – T³¹

Obrázek 24 - Pneu BARUM BRILLANTIS 2 165/70 R13 79T



Zdroj: eshop-nejlevnejsipneu.cz, vlastní zpracování

Prodejce udává, mimo jiné, tyto vlastnosti pneumatiky:

- Vyšší kilometrový nájezd
- Nižší hlučnost
- Výborná směrová stabilita
- Rychlý a účinný odvod vody³²

Z nosnosti pneumatik je zřejmé, že pouze dvě pneumatiky by nemusely hmotnost celého simulátoru unést. Jiné druhy pneumatik pro osobní automobily s danými nebo podobnými

³⁰ Nosnost je 437 kg.

³¹ Maximální dovolená rychlost je 190 km/h.

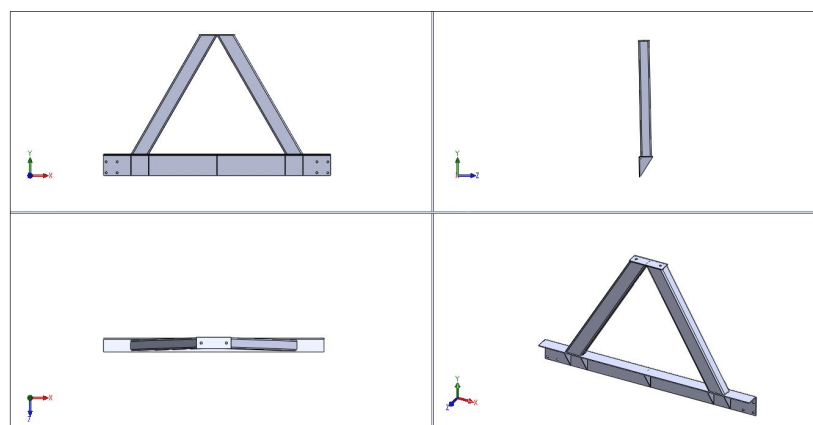
³² Barum Brillantis 2 [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: http://www.pneumatiky.cz/barum-brillantis-2-165-70-r13-79-t-letni.html#utm_source=heureka.cz&utm_medium=product&utm_campaign=heureka_zbozi

rozměry nemají nosnost o moc vyšší, pokud není jejich nosnost stejná nebo dokonce nižší. Z tohoto důvodu bylo zvažováno použití pouze jedné nápravy s dvojmontáží. Nakonec zvítězil návrh se dvěma nápravami kvůli předpokládaným lepším jízdním vlastnostem i lepší stabilitě na místě. Rozhodnutí pro tuto variantu také ovlivnila skutečnost, že v konstrukci přívěsů za osobní automobily se dvojmontáže téměř nepoužívají a že naopak konstrukční řešení se dvěma nápravami umístěnými blízko sebe jsou velmi častá. Toto řešení se hojně používá i u přívěsů, které nejsou navrženy na velká zatížení, ale mají pouze při odpojení od vozidla zůstat stát na místě tak, aby ložná plocha byla rovnoběžná s podkladem, na kterém přívěs stojí. Dvojmontáž by také pravděpodobně zvyšovala celkovou šířku simulátoru, což není žádoucí.

2.4 Přední a zadní čelo s výztuhami a vzpěrami

Přední a zadní čelo mají několik funkcí. Jejich hlavní funkce je ta, že nesou vzpěry, které drží vozidlo simulátoru v potřebné výšce pro otáčení, a přenášejí tak zatížení ze vzpěr na rám. Přední čelo slouží také jako přídatné uchycení pro oj a jsou zde umístěny přední podpěrné nohy. Na zadním čele budou umístěny zadní skupinové svítilny. Přední a zadní čelo jsou téměř totožná, jediná odlišnost je ta, že přední čelo má v sobě 8 otvorů, 4 pro připevnění každé přední podpěrné nohy. Zadní čelo tyto otvory nemá, protože zadní podpěrné nohy jsou umístěny na podélnících. K oběma čelům je kvůli zvýšení tuhosti připevněno svařováním pět výztužných plechových trojúhelníků. Obě čela jsou svařovým spojem připevněna k vytvarovaným spojovacím deskám, jež jsou součástí rámu. Tím je rám v přední i zadní části více vyztužen. Obě čela jsou svařena do jednoho celku se vzpěrami. Vzpěry mají příčný průřez dle ČSN EN 10 305-5 a jsou v horní i spodní části seříznuty. V horní části jsou spolu vzpěry spojeny pomocí spojovací desky, která má v sobě otvory pro uchycení držáku ložiska.

Obrázek 25 - Čelo s výztuhami a vzpěrami



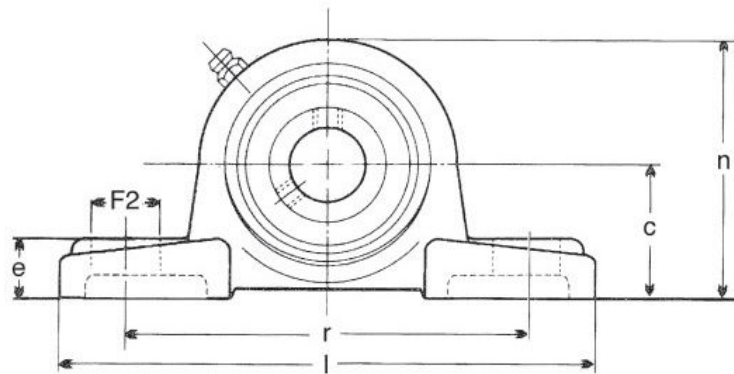
Zdroj: Vlastní

2.5 Ložiskový domek

„Ložiskové jednotky (domky) slouží k jednoduchému a hospodárnému uložení. Díky svým vlastnostem se ložiskové jednotky používají v zemědělství, strojírenství, textilním a potravinářském průmyslu, v dopravníkových systémech a výrobních linkách. Ložisková jednotka se skládá z tělesa odlitého z litiny nebo lisovaného z ocelového plechu s kulovou dírou a dvojité zapouzdřené kuličkové ložisko s vnějším kroužkem s kulovým povrchem. Ložiskové jednotky mohou vyrovnávat středně velké počáteční nesouososti, neumožňují však axiální posunutí, a tudíž jsou nevhodné jako axiálně volná ložiska. Ložiskové jednotky se stavěcím šroubem využívají unikátní technologii stavěcího šroubu s kuličkou na hrotu, která velmi účinně zabraňuje uvolňování stavěcího šroubu i při silných vibracích nebo rázovém zatížení.“³³

Ložiskové domky budou umístěny na vzpěrách předního a zadního čela. Protože však nejsou přesně známé parametry vozidla simulátoru, není znám ani průměr hřídele, na kterém bude vozidlo připevněno, ani parametry ložisek. Rozměrů a typů ložiskových domků se však vyrábí celá řada a nebude tedy problém tento domek vybrat v době, kdy potřebné parametry budou k dispozici. Vlivem výběru konkrétního ložiskového domku se bude měnit pouze umístění otvorů spojovací desky, která spojuje vzpěry předního čela.

Obrázek 26 - Ložiskový domek



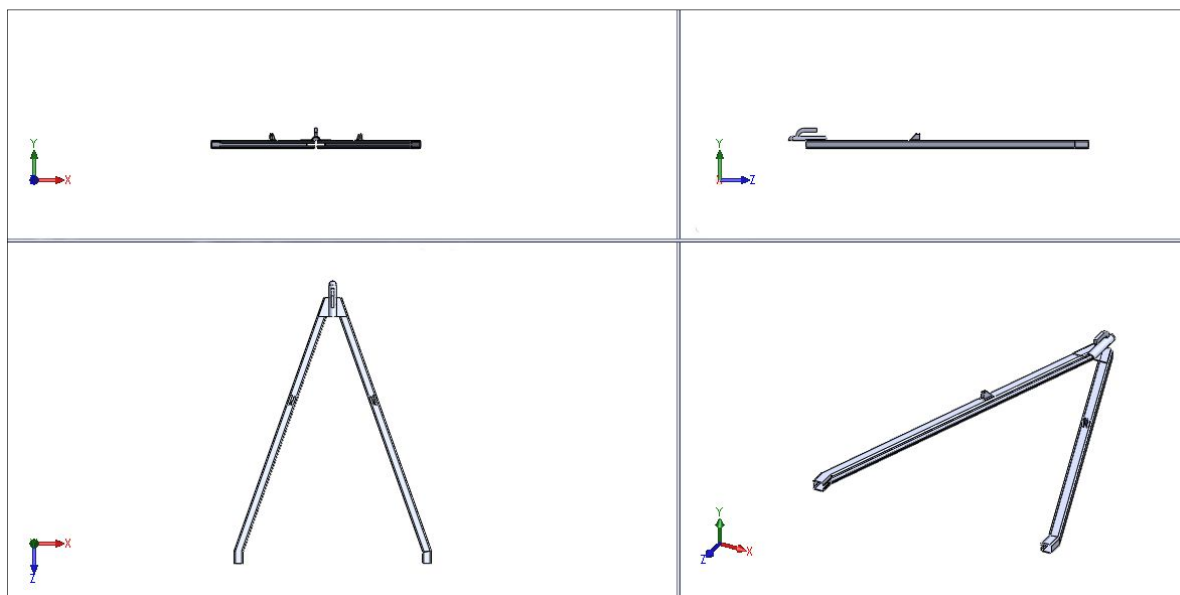
Zdroj: teatechnik.cz

³³ Ložisková jednotka AELP 210 D1 NTN: Popis [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.elotechnik.cz/loziskova-jednotka-aelp-210-d1-ntn.html#zalozka-1>

2.6 Oj s upevňovacími držáky

Účelem oje s přívěsným kloubem je spojit přívěs nebo v tomto případě simulátor překlápění s tažným vozidlem a tím zajistit směrové vedení simulátoru a přenos tažných a brzdných sil. Oj je navržena do tvaru písmena V (obrázek 27). Toto řešení umožňuje jednodušeji přenášet tažné a brzdné síly z tažného vozidla na podélníky rámu a obráceně, než kdyby byla použita trubková oj. Zároveň mezi rameny oje před předním čelem vznikne prostor pro případné umístění pohonu simulátoru. Oj do tvaru písmena V je použita u velké většiny přívěsů s celkovou hmotností nad 750 kg, ale objevuje se často i u přívěsů malých hmotností. Horní část oje je svařena s rovnými spodními částmi podélníků. Tím je umožněno, že oj projde pod předním čelem, ke kterému je také připevněna svarovým spojem pomocí upevňovacích držáků. Takto umístěnou ojí je docíleno v rámci možností malé vzdálenosti mezi zemí a přívěsným kloubem, který krom spojení simulátoru a tažného vozidla spojuje i obě části oje. Krátká vzdálenost mezi přívěsným kloubem a zemí je žádoucí z důvodu malé změny zatížení náprav tažného vozidla při jízdě soupravy.

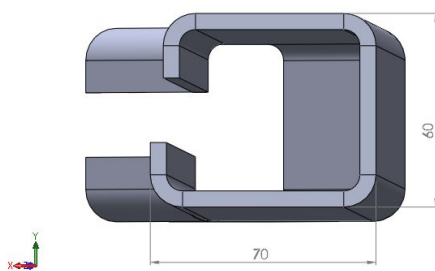
Obrázek 27 - Oj s upevňovacími držáky



Zdroj: Vlastní

Příčný profil oje je otevřený a má tvar písmena C (obrázek 28). Toto provedení zajišťuje poměrně velkou tuhost oje a zároveň je možno uvnitř tohoto profilu vést snadno vodiče pro osvětlení simulátoru. Části oje vzniknou naohýbáním otěruvzdorného konstrukčního ocelového plechu s dobrou svařitelností o tloušťce 5 mm.

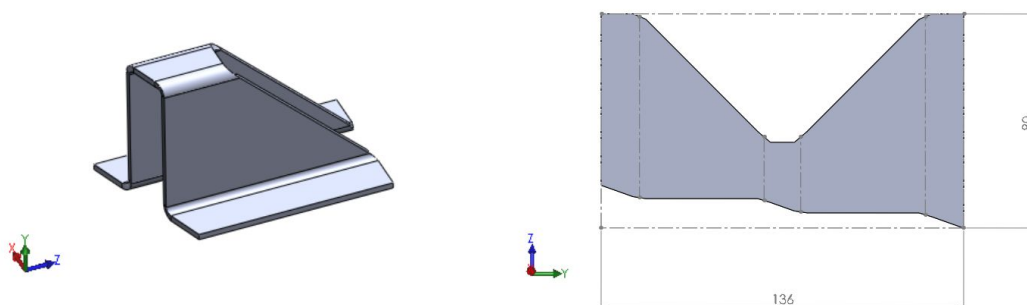
Obrázek 28 - Příčný profil ramena oje



Zdroj: Vlastní

Na oji jsou svarovým spojem upevněny dva upevňovací držáky (obrázek 29) z ocelového plechu o tloušťce 2 mm. Ačkoli se tato část může zdát jako velice jednoduchá, její tvar je poměrně složitý. Protože má oj tvar písmena V, jednotlivá ramena oje nejsou rovnoběžná s podélnou osou simulátoru, proto ani upevňovací držáky nejsou rovnoběžné s podélnou osou simulátoru. Upevňovací držáky jsou však kromě oje připevněny i k přednímu čelu, proto dosedací rovina upevňovacího držáku na přední čelo musí být rovnoběžná s dosedací plochou předního čela.

Obrázek 29 - Upevňovací držák



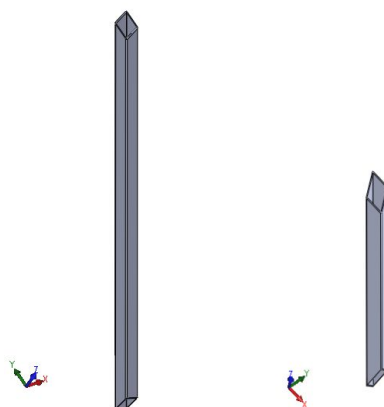
Zdroj: Vlastní

2.7 Výztuhy předních a zadních vzpěr

Přední i zadní vzpěry (obrázek 30) bylo potřeba vyztužit, protože nesou hmotnost celého vozidla simulátoru. Zejména při přepravě simulátoru budou na vozidlo simulátoru působit vlivem změny rychlosti setrvačné síly. Tyto síly působí na rameni, které odpovídá kolmé vzdálenosti mezi podélnou osou hřídele pro uchycení vozidla simulátoru a horními plochami obou čel. Tím je vyvolán ohybový moment, který namáhá spoje vzpěr s čely. Výztuhy předních a zadních vzpěr mají tento moment zachytit a přenést ho do jiných částí. Tím

svarové spoje, které spojují vzpěry a čela, nebudou tolik namáhány. Výztuhy předních vzpěr jsou svařeny jak s předními vzpěrami, tak i s rameny oje. Výztuhy zadních vzpěr jsou svařeny se zadními vzpěrami a s podélníky. Zadní výztuhy musely být oproti těm předním podstatně kratší a ke vzpěrám přichyceny daleko níže z důvodu otáčejícího se vozidla simulátoru. Materiálem pro výztuhy vzpěr byla vybrána ocel s dobrou svařitelností. Příčný profil výztuhy přední vzpěry byl zvolen uzavřeného obdélníkového tvaru, příčný profil výztuhy zadní vzpěry byl zvolen uzavřeného čtvercového tvaru. Oba profily jsou dle ČSN EN 10 305-5.

Obrázek 30 - Výztuha přední a zadní vzpěry



Zdroj: Vlastní

2.8 Blatník s držáky

Blatník zabraňuje nadměrnému rozstříkávání vody od kol, odlétávání bláta, šterku apod. Vzhledem k použití dvou náprav, které jsou umístěny blízko u sebe, nemohly být použity samostatné blatníky pro každé kolo. Aplikováno bylo elegantní řešení umístěním nad kola blatníku tandemového (obrázek 31), který zakrývá současně obě kola. Každý blatník je připevněn ke dvěma držákům blatníku a ty jsou přišroubovány k rámu.

Obrázek 31 - Blatník s držákem



Zdroj: privesy.net; vlastní zpracování

2.9 Podpěrné nohy

Podpěrné nohy byly vybrány od prodejce přívěsové techniky Agados zejména kvůli možnosti jejich sklopení během přepravy, čímž nedochází ke zmenšení světlé výšky simulátoru (obrázek 22).

- „Technická charakteristika

Podpěrná noha se dodává v provedení s ruční klikou nebo šestihranem a deskou adaptéru. Deska adaptéru se přišroubuje do předem vyvrtaných přípeňovacích otvorů na přívěsu. Podpěrnou nohu lze sklopit do vodorovné nebo svislé polohy a zajistit zásuvným čepem.

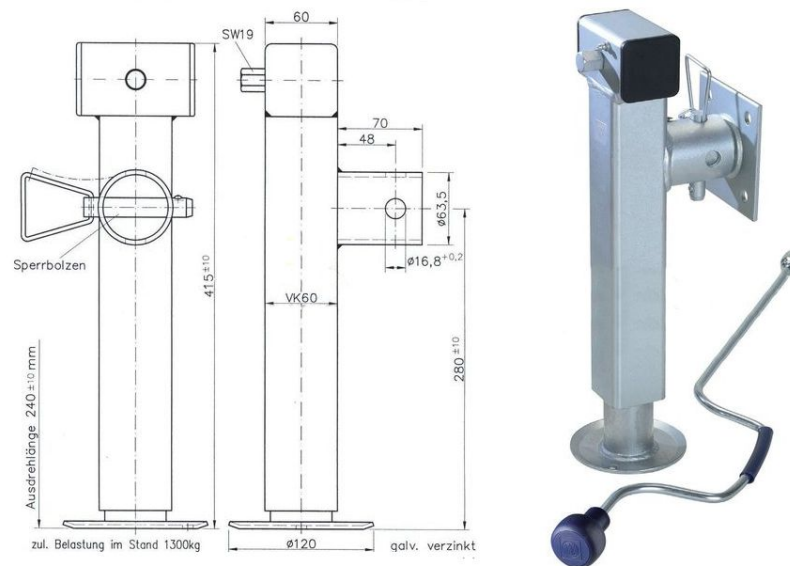
- Použití opěrné nohy při stání

Sklopte opěrnou nohu do svislé polohy a zajistěte zásuvným čepem. Ruční klikou nebo pomocí šestihranu nohu vysuňte, až se dotkne země a přívěs bude moci stát.

- Použití opěrné nohy při jízdě

Při jízdě musí být podpěrná noha klikou zcela zatažena, a pak sklopena do vodorovné polohy a zajištěna.“³⁴

Obrázek 32 - Podpěrná noha



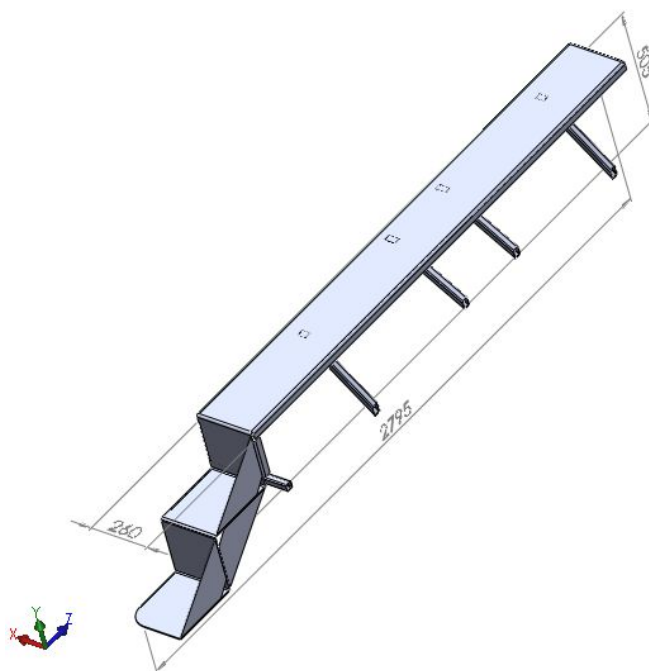
Zdroj: agados.cz; vlastní zpracování

³⁴ *Návod k použití* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: http://www.agados.cz/uploads/ND/Bedienungsanleitung_Stutzfu_SF_60_LayoutV2.pdf

2.10 Schody

Schody budou sloužit pro ulehčení nastupování do vozidla simulátoru. Schody jsou zde důležité, neboť nástupní hrana vozidla simulátoru bude přibližně ve výšce 1,2 m od země. Při použití schodů bude vzdálenost od horní plošiny schodů k nástupní hraně vozidla simulátoru přibližně 35 cm. Tato vzdálenost se dá ještě zmenšit, pokud se vozidlo před nastupováním pootočí ze základní polohy. Schody jsou svařeny s rámem pomocí pěti tenkostěnných tažených čtvercových profilů z ocelového plechu (obrázek 33). Čtyři z nich jsou seříznuty tak, aby měly rovnoběžnou dosedací plochu s dosedací plochou podélníku i s dosedací plochou na schodech. Jeden, který nedosedá na horní plošinu schodů, seříznut být nemusí. Schody jsou vyrobeny z otěruvzdorného konstrukčního ocelového plechu s dobrou svařitelností o tloušťce 5 mm. První a druhý schod jsou vyztuženy čtyřmi výztužnými trojúhelníky z ocelového plechu o tloušťce 2 mm, aby držely stále svůj tvar a neprohýbaly se při vystupování na simulátor.

Obrázek 33 - Schody



Zdroj: Vlastní

Závěr

První kapitola byla zaměřena na statistiku dopravních nehod, jízdu zatáčkou a testy překlopení automobilů. Statistika dopravních nehod zde byla uvedena proto, aby čtenář získal stručný přehled o vývoji dopravní nehodovosti v České republice. Ačkoliv trend vývoje počtu usmrcených a těžce zraněných osob má za více jak posledních 15 let mírně klesající charakter, tak i přes to od roku 2001 do současnosti zemřelo na českých silnicích více jak 13 000 lidí a čtyřikrát tolik bylo poznamenáno zraněními zásadně ovlivňujícími běžný život. Jednou z mnoha příčin, proč jsou tato čísla tak vysoká, je nepoužívání bezpečnostních pásů za jízdy a to jak na předních tak i na zadních sedadlech. Při nepoužití bezpečnostních pásů při dopravní nehodě již tolik nezáleží na tom, jak moc důmyslná řešení ostatních prvků pasivní bezpečnosti havarovaný automobil má, ale naopak je jisté, že při takové nehodě půjde o život. Přitom některé ze zde uvedených testů překlopení dokazují, že i nehoda s překlopením, která je z hlediska následků dopravních nehod považována za jednu z nejnebezpečnějších, ne – li za úplně tu nejnebezpečnější, může mít při použití bezpečnostních pásů a správné funkci ostatních prvků pasivní bezpečnosti dobrý konec. Také v této kapitole byl popsán mezní stav při jízdě zatáčkou, kdy dojde ke ztrátě stability a následnému překlopení vozidla. Nicméně v reálném provozu existuje řada dalších možností, které vedou k překlopení vozidla.

Druhá kapitola se již zabývala samotným návrhem simulátoru překlápění, což byl hlavní účel práce. Celý simulátor byl vymodelován ve 3D pomocí programu SOLIDWORKS, z něhož pochází i většina v této bakalářské práci vyobrazených dílů. Pro stavbu simulátoru bylo známo jen několik dat, týkajících se rozměrů vozidla simulátoru a jeho předpokládané celkové hmotnosti. Tomu musela být přizpůsobena celá konstrukce, nejvíce však rám simulátoru z hlediska jeho šířky a také z hlediska rozmístění a počtu příček. K rámu, jakožto základnímu stavebnímu celku, byly vybrány některé díly, které se kusově vyrábějí, ale některé musely být navrženy a vymodelovány speciálně pro účel simulátoru a budou se muset nechat vyrobit na zakázku. Výhodou 3D modelu proti klasickému 2D výkresu je, že když bude pro stavbu vybrána jiná součást, neodpovídaly by přesně rozměry udávané prodejcem, nebo by bylo třeba některý navržený díl změnit, není problém ho upravit a jeho změna se ihned promítne do celé 3D sestavy, což je rychlejší a názornější řešení a i změna ve výkresové dokumentaci je snadná.

Seznam použitých zdrojů

Závěrečné VŠ práce

BC. VOŇKA, Tomáš. Posouzení jízdních vlastností cisternového návěsu na přepravu asfaltu a dalších horkých materiálů. Pardubice, 2009. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Vedoucí práce doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

ING. SVOBODA, Pavel. Problematika experimentálního zjišťování inerciálních charakteristik silničních vozidel. Pardubice, 2014. Dizertační práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Školitel doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

Dokumentární filmy

Crash Tests! USA, 1997. Executive Producer – Gary R. Benz,

SUV Rollovers - The Hidden Secrets of the SUV Safety. USA, 2002. Written, Produced and Directed by Barak Goodman and Marc Shaffer

Internetové zdroje

2007 Ford Expedition 30 MP/H Corkscrew rollover test [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: http://www.bravica.video/id_pRmNbRL1gBI.htm

2015 Volvo XC90 Crash Test [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.youcarnews.com/2015-volvo-xc90-crash-test/>

About our tests: Roof strength test [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/ratings-info/roof-strength-test>

BALAN, Vlad. 2014. The Moose Test's History [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.motorward.com/2014/03/moose-tests-history/>

Barum Brillantis 2 [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: http://www.pneumatiky.cz/barum-brillantis-2-165-70-r13-79-t-letni.html#utm_source=heureka.cz&utm_medium=product&utm_campaign=heureka_zbozi

Bezpečnostní pásy: Používání pásů v Česku [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/cz/aktivita/archiv-kampani/bezpecna-obec/komunikacni-aktivita/vlastni-medialni-projekty/bezpecnostni-pasy>

BMW X6 (E71/E72) Rollover Test - Official Footage [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.racing95.ru/videogallery/18113.html>

Citroën Nemo fails European "moose test," highlights value of stability control [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.autoblog.com/2010/04/28/citroen-nemo-fails-european-moose-test-highlights-value-of-stab/>

Crash Test Results Moose [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.trustcarprice.com/crash-test-results-moose>

Crashtesty a videa Ford Excursion [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://ford-excursion.autoplaneta.cz/?crash-testy#pagetop>

Dacia Duster has rollover problems! Duster fails 2010 moose test! [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.autolatest.ro/news-cars/dacia-duster-has-rollover-problems-duster-fails-2010-moose-test->

DVOŘÁK, František. Patrové autobusy by se měly zakázat, říkají odborníci na bezpečnost. Dostupné také z: http://auto.idnes.cz/patrove-autobusy-by-se-mely-zakazat-rikaji-odbornici-na-bezpecnost-1fy-/automoto.aspx?c=A110718_135127_automoto_fdv

DVOŘÁK, František. Zachránil víc než milion lidí, připoutal je: Československo se poutá. Dostupné také z: http://auto.idnes.cz/zachranil-vic-nez-milion-lidi-pripoutal-je-fjn-/automoto.aspx?c=A090130_135736_automoto_fdv

EHK 111 - Stabilita proti překlopení cisternových vozidel [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://mezinarodni-predpisy.tuv-sud.cz/cs/predpisy/ehk-osn-integrované-ceske-preklady/ehk-111.html>

Chrysler Fails Moose Test And Breaks First Commandment [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.thetruthaboutcars.com/2012/07/chrysler-fails-moose-test-and-breaks-first-commandment/>

Jízda bez bezpečnostních pásů [online]. [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.12bodu.cz/bodovany-prestupek-125c-1k-34.html>

KFZ 4,5Jx13 4x100 ET38: Hlavní charakteristiky [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: http://plechova-kola.heureka.cz/kfz-4_5jx13-4x100-et38/specifikace/#section

KOMISAŘ NPOR. BC. EŠPANDR, Pavel. Dopravní inspektorát Ústí nad Orlicí: Jak postupovat v případě dopravní nehody od ledna 2009 [online]. [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/dopravni-inspektorat-usti-nad-orlici.aspx?q=Y2hudW09Mg%3D%3D>

LINSTROMBERG, Mike, Gerd SCHOLPP a Oliver SCHERF. Tests and simulation tools in a rollover protection development process. Dostupné také z: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/Pdf/ESV/esv19/05-0122-O.pdf>

Losí test na dálnici netrénujte [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://auto.sme.sk/c/4998215/losi-test-na-dialnici-netrenujte.html>

Ložisková jednotka AELP 210 D1 NTN: Popis [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.elotechnik.cz/loziskova-jednotka-aelp-210-d1-ntn.html#zalozka-1>

Mercedes-Benz 'A' Class history [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.aiclassinfo.co.uk/mypage.2.htm>

Náprava KNOTT GB 8: Popis [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.privesy.net/65-produkt/7-napravy-a-dily-naprav/52-brzdene-napravy/1184-naprava-knott-gb-8-850-kg-b-1500-mm-200x50-100x4.html>

Návod k použití [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: http://www.agados.cz/uploads/ND/Bedienungsanleitung_Stutzfu_SF_60_LayoutV2.pdf

New tilt table at Millbrook proving ground [online]. 2008 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.busworld.org/articles/detail/300>

RABE, Mattias. 2014. Resultat i Teknikens Världs älgtest [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://teknikensvarld.se/algtest/>

Scania Higer A80 passed European Rollover Test [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.eobus.com/news/105.htm>

Statistické údaje nehodovosti na území ČR - Grafy - prosinec 2014 [online]. [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=CHJuPTE%3d>

The Moose Test's History [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.motorward.com/2014/03/moose-tests-history/>

Tilt Table Test [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.awishcar.com/srijan/awishcar1.html>

Tilt-table test on tractor semitrailer: Roll-over testing of an articulated vehicle on a tilt-table [online]. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: http://www-cvdc.eng.cam.ac.uk/photo-and-video-gallery/Press%20Photos/Tilt_table_test_1/view

Příloha

1 Technický výkres simulátoru překlápění