



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING FACULTY OF
MECHANICAL ENGINEERING BRNO UNIVERSITY OF

TECHNOLOGY
TECHNOLOGY

VYUŽITÍ SIMULACE JÍZDY VOZIDLA PO POVRCHU V SOUČASNÉM VÝVOJI VOZIDEL A MOTORSPORTU

USING OF A VEHICLE SIMULATION ON A SURFACE IN CURRENT VEHICLE
DEVELOPMENT AND MOTORSPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MICHAL KEPRT

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. JAN POKORNÝ

Abstrakt

S rostoucí konkurencí je vyšší tlak na výrobce aut. To je důvod proč výrobci aut jsou nuceni udělat vývoj aut efektivnější a rychlejší. Používají simulaci a modelování, to je důvod proč zde prezentuji nejvíce prováděné simulace. Představím některé druhy programů, které tyto simulace mohou provádět. Je zde prezentováno také několik příkladů jak využít těchto výsledků simulací a modelování.

Abstract

With increasing competitive is higher pressure for car producers. It is the reason why car producers are forced make development of cars more efficient and faster. They use simulation and modeling that is why there are present some most widely used types of simulations. I introduce some kinds of programmers which can make these simulations. There are present also several examples how to improve these results of simulations and modeling.

Klíčová slova: software, simulace, modelování, automobil

Keywords: software, simulation, model ,vehicle

Bibliografická citace

Keprt, M. *Využití simulace jízdy po povrchu v současném vývoji vozidel a motorsportu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojní inženýrství, 2010. 31s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Pokorný.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Využití simulace jízdy vozidla po povrchu v současném vývoji vozidel a motosportu jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Pokornému za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne Podpis autora

Obsah

| | |
|--|----|
| 1 Úvod..... | 12 |
| 2 Prováděné simulace..... | 13 |
| 2.1 Stabilita jízdy..... | 13 |
| 2.2 Přílnavost pneumatik | 14 |
| 2.2.1 Modelování podélného tření | 15 |
| 2.2.2 Modelování postranního tření..... | 16 |
| 2.3 Hluk | 17 |
| 2.4 Pohon vozidla | 18 |
| 2.4.1 Převodovka | 18 |
| 2.4.2 Motor | 18 |
| 2.5 Crashtest..... | 19 |
| 2.6 Aerodynamika | 20 |
| 2.7 Modelování celků vozidel..... | 21 |
| 3 Některé prvky vyvinuté pomocí simulací | 22 |
| 3.1 ABS..... | 23 |
| 3.2 ASR..... | 24 |
| 3.3 ESP | 24 |
| 4 Používané simulační softwary | 25 |
| 4.1 MSC ADAMS | 25 |
| 4.2 DADS..... | 26 |
| 4.3 GT SUITE | 26 |
| 4.4 LS - DYNA | 27 |
| 4.5 LMS Virtual.Lab | 27 |
| 4.6 LMS Imagine.Lab AMESim | 28 |
| Závěr | 29 |
| Použitá literatura | 30 |

1 ÚVOD

V historii, bylo modelování rozvinuto ruku v ruce s rychlým růstem počítače a jeho začleněním do našich životů. Největšího uplatnění dosáhlo ve druhé světové válce během projektu Manhattan, kde se modeloval průběh nukleární detonace.[5]

Simulace neboli modelování na počítačích se pokouší simulovat abstraktní model zvláštního systému. Simulování na počítačích se stalo užitečné pro různé odvětví věd (samotné matiky, fyziky, chemie), anebo ve vývoji nových technologií, kterým se v této práci budu zabývat. Konkrétně půjde o simulace automobilu a vším co je možné na vozidlech simulovat. [5]

V dnešní době používání automobilů je samozřejmostí, jelikož se s nimi setkáváme v každodenním životě, buď to jako samotní řidiči, nebo jen jako účastníci silničního provozu a proto tyto předpoklady nutí výrobce automobilu vyrábět auta bezpečnější, a jelikož chtějí automobily vyrábět pro širokou klientelu, musí ji také, přizpůsobit cenu. Tato cena se odvíjí od spousty faktorů, jakými jsou např.: použité materiály, platy jednotlivých zaměstnanců, a v neposlední řadě náklady spojené se samotným vývojem.[5]

Proto se začalo přistupovat k počítačovým simulacím, které šetří čas i peníze. Tudíž je v dnešní době možné vyrábět automobily levněji a rychleji. Což jsou při rostoucí konkurenci ve Světě a hlavně z Číny velice důležité faktory.[5]

Simulovat můžeme různé části automobilu a situace, které se dějí buď ve vozidle, nebo kolem něj.

Na samotném vozidle je možné simulovat:

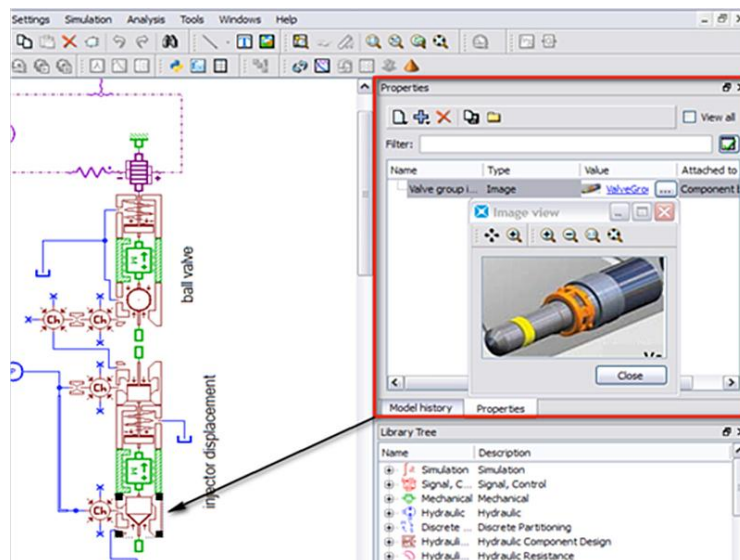
- Některé možnosti člověka.
- Možnosti poškození při nárazech neboli crashtest.
- Přílnavost vozidel, kterou se budu v této práci zabývat více.

Dá se říci, že je snaha, na automobilech simulovat veškeré součásti, jak pohyblivé, tak nepohyblivé.

2 PROVÁDĚNÉ SIMULACE

2.1 Stabilita jízdy

Je schopnost automobilu zůstat všemi čtyřmi koly na silnici aniž by došlo např.: k převrácení či vyjetí vozidla z vozovky. Velkou zásluhu na udržení vozidla na silnici má tlumení a pružení podvozku. Tlumení a pružení je možné simulovat v systému AMESim. Vzhled pracovního prostředí AMESim můžeme vidět na obrázku 1.



Obrázek 1 - Pracovní prostředí AMESim [21]

Nedotáčivost automobilu

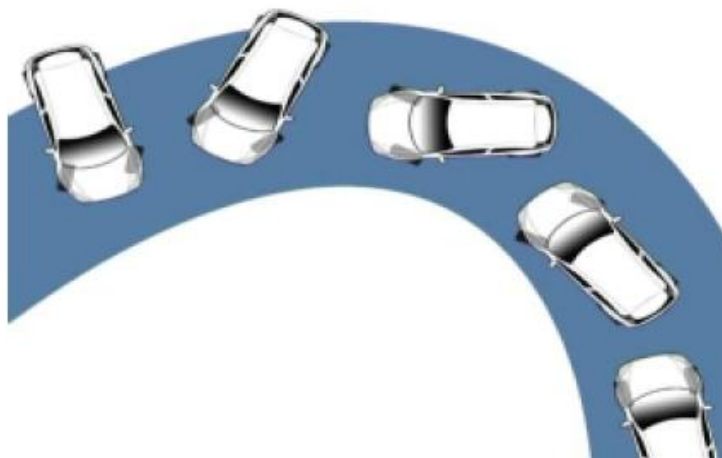
Ztráta ovladatelnosti přední části vozu je děj, kterému se říká nedotáčivost. Nejčastěji vzniká, při příliš rychlém nájezdu do zatáčky, kdy při brzdění vozidlo nezatáčí, ale klouže ven ze zatáčky. Situace je zobrazena na obrázku č. 1. Této situaci předejdeme pomalým nájezdem do zatáčky. Nejčastěji nedotáčivostí trpí vozidla s pohonem předních kol. [11]



Obrázek 2 - Nedotáčivost [11]

Přetáčivost automobilu

Pokud dojde k ztrátě ovladatelnosti v zadní části vozu, říká se tomuto ději přetáčivost. Tato situace nejčastěji vzniká u vozidel s pohonem zadních kol. Tento děj je zobrazena na obrázku č. 2. Přetáčivost u vozidla s náhonem na přední kola je velice nebezpečná, proto je velice důležité neustále držet sešlápnutý plynový pedál, aby nedošlo ke ztrátě ovladatelnosti vozu. [11]



Obrázek 3 - Přetáčivost [11]

2.2 Přílnavost pneumatik

Přílnavost neboli adheze, je schopnost dvou rozdílných materiálů k sobě přilnout. Této schopnosti se využívá u výroby pneumatik. Je to velice důležitá schopnost, bez této schopnosti by vozidla na silnici byla neovladatelná. [8]

Nejčastěji přílnavost klesá na mokřém povrchu - pokud je na vozovce voda, klesá přílnavost pneumatik k vozovce. Přílnavost na mokřém povrchu rozdělujeme na Viscoplaning a Aquaplaning. [8]

Viscoplaning – nastává, pokud se mezi vozovku a pneumatiku dostane tenká vrstva vody, do cca 0,5 mm. Tato vrstva narušuje přílnavost pneumatiky k vozovce na molekulární bázi. Pokud Viscoplaning nastane, tak často způsobuje smyk vozidla. [8]

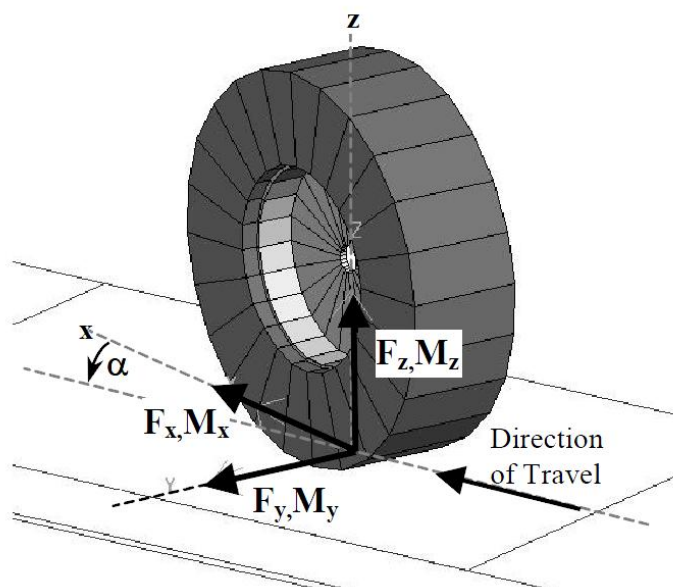
Aquaplaning – Pokud vrstva vody mezi pneumatikou a vozovkou postupně stoupne nad 0,5 mm, nazýváme to Aquaplaning. "Síla" Aquaplaningu se zvyšuje společně s vyšší rychlostí vozidla. Voda se při tomto jevu hromadí klínovitě před pneumatikou, až se dostane ve větším množství pod ní. Pneumatika se pak zvedá ze silnice. To nakonec způsobí prodloužení brzdné dráhy a sníží ovladatelnost automobilu. [8]

V článku od Li Li, Member, IEEE, Fei-Yue Wang, Fellow, IEEE, and Qunzhi Zhou se zabývají třením u pneumatik a monitorováním a řízením pohybu u vozidel. Jedná se o tření jak podélné tak postraní. Ve většině návrhových modelů je síla tření předpokládána jako skluz kola. [4]

V časopise Cold regi je uveden článek od James Lacombe U.S. Army Engineer Research and Development Center (ERDC), (U.S. Armádní výzkum a vývoj inženýrské centrum), Cold Regions Research and Engineering Laboratory (CRREL), (Chladný region a laboratorní inženýrství). Zde používají jednoduchý algoritmus, kterým definují interakci pneumatiky a cesty. Popisují podélné a postraní tření pneumatiky při průjezdu a brzdění v zatáčce. Algoritmus HMMWV, který vytvořili v softwaru DADS byl schopen napodobit skutečné chování, při průjezdu zatáčkou. Výsledky srovnali se skutečným testem a došli k závěru, že jejich algoritmus vypočítá srovnatelné výsledky jako při skutečném testu. Tento model aplikovali na suchý povrch i povrch pokrytý sněhem. Zde byli výsledky také velice srovnatelné se skutečnými. Vše prováděli v softwaru DADS. [13]

2.2.1 Modelování podélného tření

Přilnavost pneumatik, také úzce souvisí s vývojem systému, který zlepšuje komfort jízdy a bezpečnost. Na některé tyto systémy zde bude v této práci poukázáno, jelikož se stali u dnešních automobilů naprostou samozřejmostí. Tudiž model tření pneumatik je velice důležitý prvek pro vývoj simulačních programů.



Obrázek 4 - Vypočítané síly přenášené pneumatikou a momenty [13]

Pro modelování podélného tření se zabývají těmito modely:

Piecewise Linear Model:

Tento model je velice jednoduchý založen na lineární funkci. Ale přesně nezachycuje nelineární dynamickou charakteristiku pneumatikového tření na vozovce. Tento model byl použit pro modelování systému ABS. [3]

Burckhardt Model:

Je často zmiňovaný model, který využívá experimentálně získaná data a to sice data o tření z vysokých a nízkých rychlostí. Díky tomu může dobře popsat děj v zatáčce, ale bohužel díky získávání nelineárních parametrů je cena vysoká. [3]

Rill Model:

Další empirický model založený na ustáleném stavu silové/momentové charakteristiky pneumatiky společně s přechodovým pneumatikovým modelem odchylky. Počítá skluz v ustáleném stavu. Nelineární závislost svislého zatížení je ovládaná interpolací mezi sadou parametrů pro předdeklarované-zatěžovací stavy. [3]

Magic Formula:

Volvem vyvinutý empirický vzorec popsaný v uzavřeném tvaru. Tento model dostal v posledních dvou dekáдах nové modifikace a nyní je nejdůležitějším empirickým modelem tření pneumatik. Je bohužel také velice složitý proto se mu často říká Magic Formula.

Tento model používají v laboratořích (ERDC) a (CRREL). Tento model se bohužel nedá použít pro simulace jízdy vozidla po sněhu a neodrazí se v něm ani výkon vozu. [3]

Dahl Model:

Dahl vyvinul poměrně jednoduchý pneumatikový/silniční model tření v 1970s, kde je zevšeobecněno Coulombovo tření. I tak, tento model může produkovat hladký přechod kolem nulové rychlosti. Musí být ale zlepšený v několika aspektech, například nepopisuje vztah mezi rychlostí a třením, a proto Dahl musel vytvořit nový model založený na modelech pánu Bliman–Sorine a LuGre. [3]

LuGre Model:

Model inspirovaný technikou používanou Dahlem. Model byl vyvinut na univerzitě Lund a Grenoble, proto se mu říká LuGre model. LuGre model kombinuje přednosti Dahl modelu s charakteristickými rysy ustáleného stavu, např.: zatáčky. Zabývá se tím, že pneumatika nepřilne na povrch jen jedním bodem ale hned několika tudíž vznikne více třecích sil.[3]

2.2.2 Modelování postranního tření

Modelování postranního tření se provádí u pneumatik při průjezdu zatáčkou, jelikož při průjezdu zatáčkou je toto tření nejvíce patrné. Je důležité simulovat i postraní tření, aby nedošlo k vyjetí automobilu z vozovky. [3]

Linear Proportional Model:

Ačkoli tento model není tak přesný dostává se mu použití v online odhadech díky jeho jednoduchosti.

Nonlinear Proportional Model:

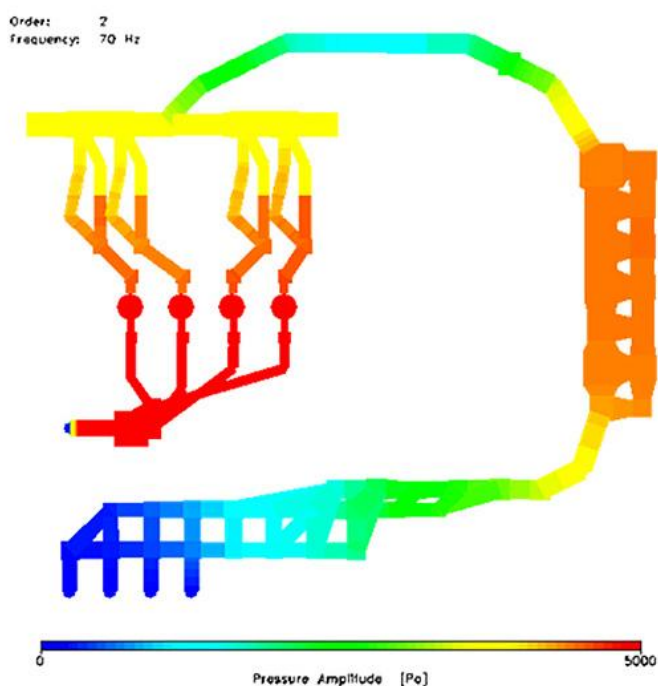
Zachycuje věrohodně postraní tření pneumatiky na vozovce. Přes nelineární rovnicové modely. Tento model byl verifikován několika testy, jejichž výsledky jsou popsány v několika správách.

Magic Formula:

Pánové Bakker *et al.* a Pacejka vyvinuli další model pro postraní tření na vozovce. Odlišný od uvedených modelů, protože předpokládá, že přední síla přenášená pneumatikou, nejen že nezávisí na přední straně úhlu skluzu, ale závisí také na poklesovém úhlu a úhlu natočení kol. Díky tomu překonává předchozí uvedené dva druhy modelů. [3]

2.3 Hluk

Vzhledem k dnešnímu často diskutovanému problému s hlukem v automobilovém průmyslu je tato problematika rovněž námětem simulaci za účelem snížení úrovně hluku působící na posádku i okolí vozu. Jedná se zejména o tlumiče výfukového systému, které slouží pro tlumení hluku motoru a odvodu výfukových plynů, které jsou odpadním produktem při procesu spalování pohonné směsi, od výstupu motoru. [10]



Obrázek 5 - Šíření hluku [20]

Při reálném měření se zohledňuje:

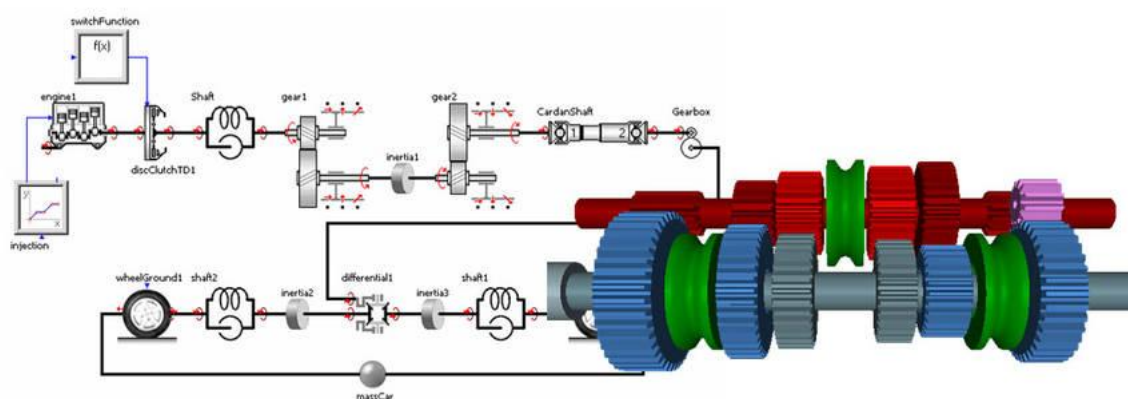
1. Hluk výfuku
2. Systému sání
3. Měření vnějšího hluku vozidel
4. Tlumiče výfuku

2.4 Pohon vozidla

Pohon vozidla je v celém automobilu nejdůležitější, jelikož bez něj se automobil hýbat nebude. Do pohonu se neřadí jen motor ale také např.: převodová skříň, která nám umožňuje plynulé rozjíždění a také plynulé přechody mezi jednotlivými řazenými stupni. Zde se zaměřím zejména na motor.

2.4.1 Převodovka

Převodovky se dají simulovat program SimulationX Professional Edition. Kde se dají simulovat různé druhy převodovek, jak klasické tak planetové. Obsahuje knihovny, které podporují modelování a analýzu mechanických přenosů sil. Výpočet dokáže převést do trojrozměrné animované podoby.



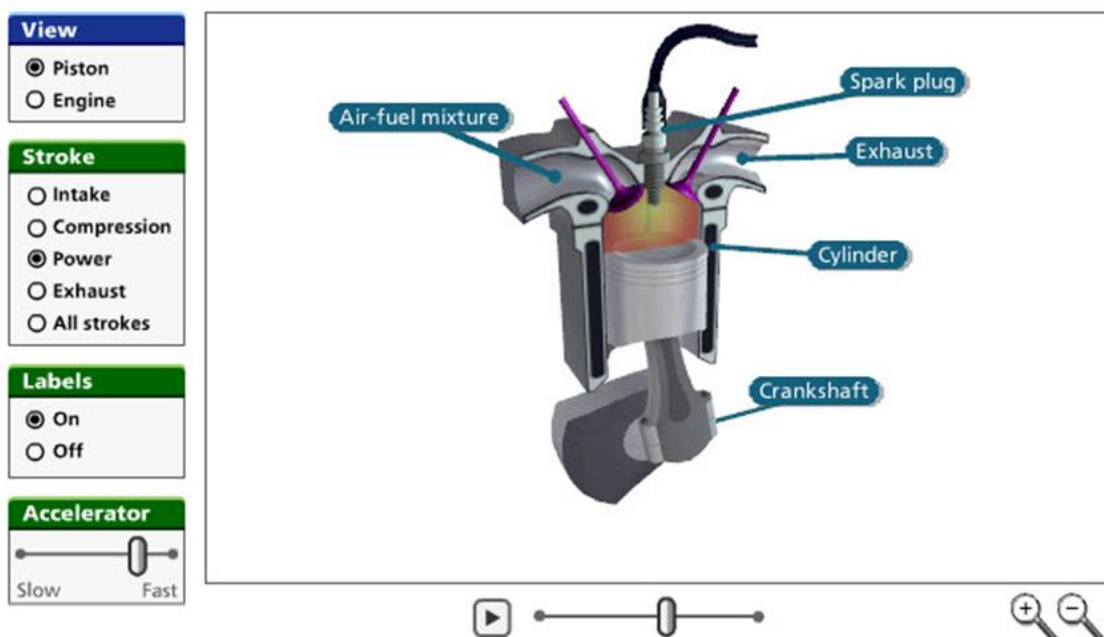
Obrázek 6 - Simulace vstřikování [19]

2.4.2 Motor

U motorů se v dnešní době simulují různé parametry, které značně ovlivní výkon vozu a také spotřebu a od ní se odvíjející škodliviny vypouštěné do okolí, které jsou v dnešní době při vzrůstajících počtech automobilů velice často diskutované téma a proto se na ně bere značný ohled při vývoji nových vozů.[6]

Nejčastěji se simulují:

- SPALOVÁNÍ
- TVORBA SMĚSI
- TEPLoty
- VÝFUKOVÉ POTRUBÍ
- ELEKTRONIKA

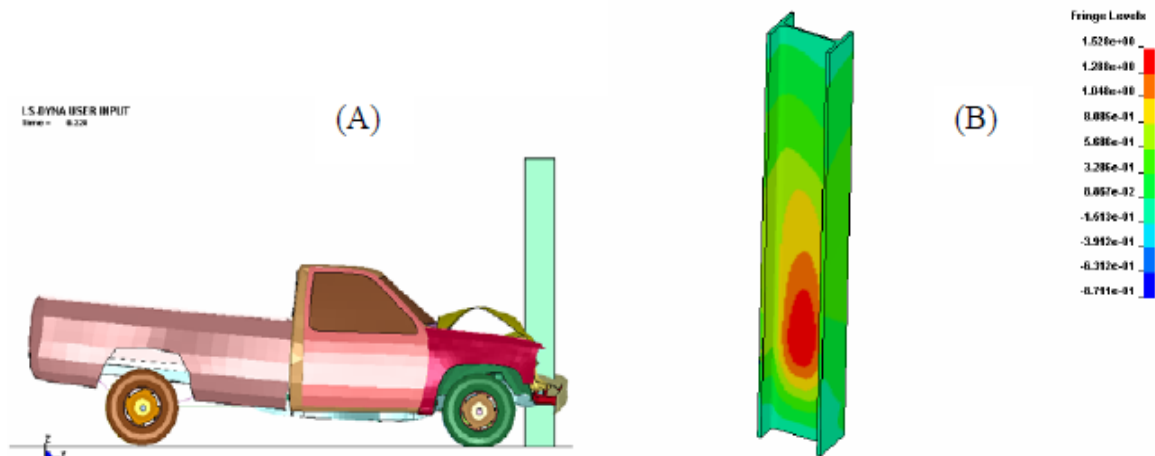


Obrázek 7 - Simulace vstřikování [15]

2.5 Crashtest

Evropské předpisy, včetně Eurocode 1, popisují dynamické síly působící na vozidlo při nárazu vozidla na sloupec, aby mohla být norma Eurocode 1 použita musel být vyvinut model F.E.M. Tento model analyzuje efekt nárazu vozidla na sloup, při konvenčním stavebním parkování. Jedná se o parkování, které může vzniknout najetím buď přední, nebo zadní části vozu do sloupku. Rozhodující činitel v získaných výsledcích je energie během dopadu. Úkolem této simulace je, aby při vývoji nových vozů náraz na sloupek byl co nejbezpečnější.

Aby se náraz stal co nejbezpečnějším, tak musí deformační zóny vozu absorbovat co největší množství energie při srážce. K tomu byl použit model konečných elementů získaný v USA. Použitý vůz při srážce byl Chevrolet pick - up z roku 1994. [7]



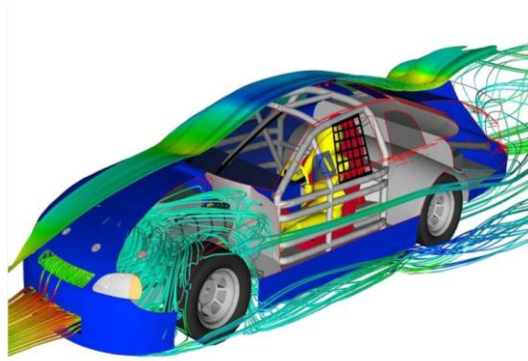
Obrázek 8 - Náraz do sloupku [7]

Aby se dala nějaká norma Eurocode 1 vůbec definovat, musely se stanovit základní parametry podle, kterých se bude řídit, jelikož při testech bylo zjištěno, že při nárazu nezáleží jen na druhu nárazu na sloupek, ale také na modelu automobilu použitým nákladu a také použité rychlosti. Jelikož volený náklad a použitá rychlost značně mněni celí výsledek testu. [7]

Proto byly, zavedeny rychlosti 10 km/h 20 km/h kde vznikaly síly 80 kN a 160 kN, ale jen za podmínky vhodně použitého nákladu, ale při dalších testech se rozhodlo, že bude použito rychlosti 10 km/h a síly 130 kN. [7]

2.6 Aerodynamika

„Jedním ze základních faktorů, který se podílí na kvalitě vozů a jeho jízdnicích vlastnostech, je bezesporu aerodynamika. Budeme-li přesní, tak aerodynamické vlastnosti automobilu se podílejí na spotřebě paliva vozu, jízdnicích vlastnostech automobilu a v neposlední řadě také na vypouštění škodlivin do ovzduší. Odporem vzduchu se zabývá oddělení před vývoje. Zákazníci vyžadují co největší bezpečnost vozidla, což s sebou přináší vybavení větším počtem airbagů dalšími bezpečnostními záležitostmi, které s sebou nesou pochopitelně zvětšení interiéru vozidla. Jízdnicí parametry se tak musejí nutně kompenzovat právě aerodynamickými vlastnostmi vozu.[12]



Obrázek 9 - Proudění vzduchu [14]

Nejdůležitější je pravděpodobně správné rozdělení aerodynamického vztlaku mezi přední a zadní nápravu automobilu. Jestliže je tento vztlak správně rovnoměrně rozdělen, tak má vůz vynikající stabilitu a řidič tuto skutečnost jistě ocení tehdy, když fouká velmi silný boční vítr. Automobil zůstane na vozovce jako přibitý a vítr si s ním nebude pohrávat. Společnost Škoda Auto podobně jako třeba Citroen, Renault či mateřský koncern VW a další provádějí testy v takzvaném aerodynamickém tunelu. Pozná se zde, jak bude automobil fungovat při různých povětrnostních podmínkách z pohledu stability. V České republice žádný aerodynamický tunel zatím není, jelikož jeho stavba a náklady na provoz jsou poměrně hodně nákladné. Pro Škoda Auto ovšem není problém testovat v tunelech společnosti Volkswagen, které se nacházejí v Ingolstadtu a Wolfsburgu. [12]

Jinak má automobilka také k dispozici moderní počítačové technologie, díky kterým lze velmi dobře konstruovat různé modely aerodynamiky u vozů. Počítačové simulace jsou označovány zkratkou CFD. Vývojáři společnosti Škoda Auto pracují s Cad cam systémy. “[12]

2.7 Modelování celků vozidel

Cílem projektu, který vedl ing. David Kollhamer bylo vytvoření modelu celku vozidla. Snažil se nasimulovat chování vozidel a jízdních souprav. Snažil se o vytvoření modelu, který by nebyl náročný na vstupní veličiny a byl by finančně dostupný.

Cílem jeho projektu bylo:

- Matematickým modelováním ovladatelnosti vozidel.
- Identifikace důležitých rysů matematického simulování.
- Identifikace důležitých vstupních veličin.
- Požadavky na výstupní veličiny.
- Matematický model a jeho řešení.
- Verifikace výsledků.
- Návrh dalšího rozvoje.

Soustředil se na oblasti:

- Vytvoření matematického modelu.
- Vhodnou volbu numerické integrační metody.
- Vytvoření zadávacího prostředí a prostředí pro prezenci výsledků.
- Zjištění možností zlepšení rozvoje.

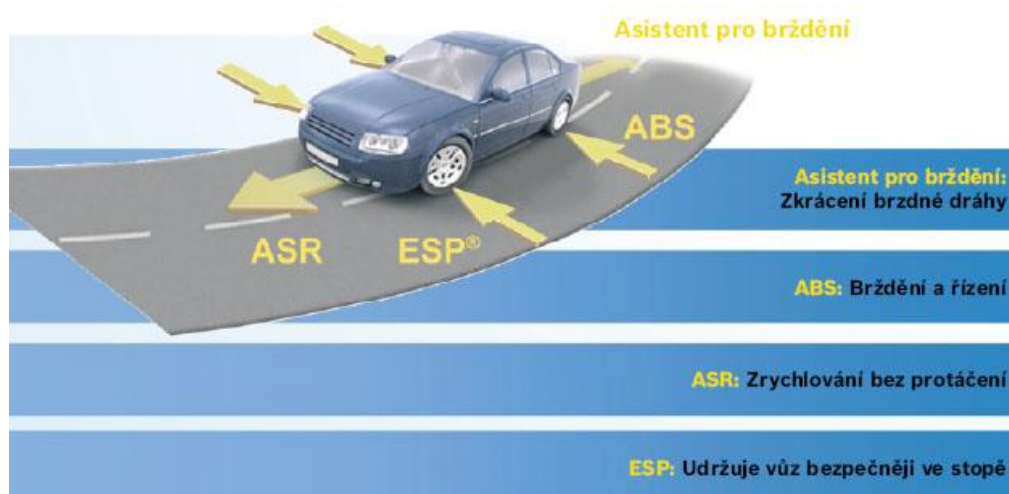
Při modelování zvolil prostorový nelineární model vozidla. Pro lepší řešení rozdělil vozidla do několika typů: dvounápravové vozidlo, kloubový autobus, tahač s návěsem, tahač s přívěsem. Jednotlivé dynamické modely popsal do Lagrangeových rovnic a pomocí substitucí dostal soustavu diferenciálních rovnic. Pro numerické řešení zvolil metodu Runge – Kutta a matematický software Matlab.

Při matematickém simulování řešil problémy: rovinný pohyb, klopení vozidla, klonění vozidla, svislé zatížení kol, otáčení kol, pneumatiky a stav vozovky, řízení předních a zadních kol, pohon a brždění vozidla, dále pak jsou zahrnuty vlivy konstrukce náprav a vliv tlumícího a blokového zařízení kloubového auto busu.

Pro měření hodnot použil rychlostí 50 a 70km/hod.[1]

3 NĚKTERÉ PRVKY VYVINUTÉ POMOCÍ SIMULACÍ

Prvky vyvinuté při simulacích jako jsou např.: ABS, ASR, ESP a spousta jiných, řidičům značně ulehčují život a mnohdy ho pomohou i zachránit, proto se dnešní automobilový průmysl snaží stávající systémy vylepšovat a stále přidávat nové a nové, aby náš pohyb po vozovce byl co nepříjemnější.



Obrázek 10 - Dynamika ovlivňuje systémy [17]

3.1 ABS

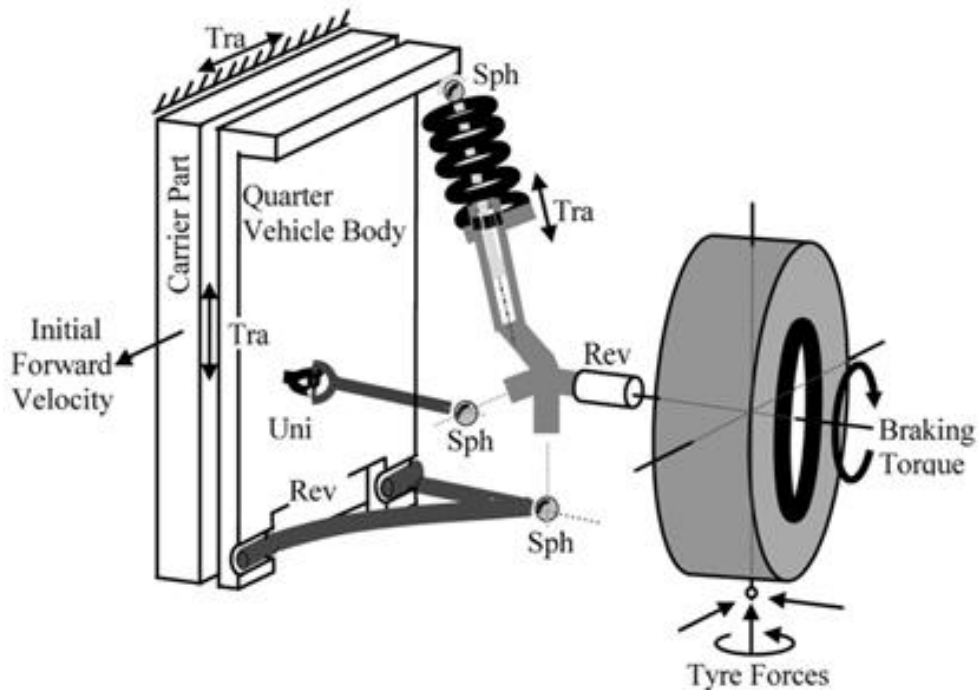
„Systém je složen z mnoha dílčích prvků, které tvoří funkční celek ABS. Patří sem hydraulická jednotka, elektronická řídicí jednotka, snímače otáček, posilovač brzd, hlavní brzdový válec.

Co vše ABS zajišťuje:

- ABS musí při brzdění zajistit maximální využití součinitele tření mezi vozovkou a koly automobilu
- regulace brzdění musí pracovat po celou dobu v jakékoliv rychlosti vozidla do minimální rychlosti 4km/h
- brzděním v zatáčce nesmí dojít ke ztrátě říditelnosti vozidla a musí být dodržena co nejkratší brzdná dráha
- vozidlo musí zůstat stabilní a pohybovat se stále v přímém směru i při aquaplaningu
- musí zabránit rozkývání vozidla.“ [4]

Simulací při vývoji ABS se zabýval B. Ozdalyan. Zde popisují vývojový model ABS přes čtvrt model vozidla. Modelování probíhalo v programu ADAMS, který je velice rozšířen v automobilovém průmyslu při simulaci chování systému pérování, nebo simulaci jízdy. Pro vývoj modelu byly použity dva povrchy, mokrý a suchý a také dva typy pneumatik (pneumatika A, pneumatika B) od společnosti Dunlop, pro které je vytvořen zvlášť model, který je vpraven do čtvrt modelu automobilu. Výstupní hodnoty z ADAMS budou posun, rychlost a zrychlení. [2]

Čtvrt model vozidla se skládá ze 7 pohyblivých dílů a každý z nich má 6 stupňů volnosti. Jsou to části předního pérování (Mc-Pherson), které zahrnuje spodní příčné rameno nápravy, kloubu kola, horní část nápravy a řídicí tyče. [2]



Obrázek 11 - Čtvrt model vozidla[2]

Došel k závěru, že zde používaný algoritmus popisující ABS bude muset být propracován do realističtější formy modelu popsané Van der Jag et al. (1987), tento model by měl být včleněn do plného modelu vozidla. [2]

3.2 ASR

„Systém reaguje na podněty snímačů otáček hnané nápravy. Řídicí jednotka, která je také společná s ABS, porovnává tyto údaje s otáčkami kol nepoháněné nápravy. Pokud na základě signálů ze snímačů otáček vyhodnotí řídicí jednotka, že dochází k prokluzu hnacích kol (kola), je vydán řídicí jednotkou pokyn, aby toto kolo bylo přibrzděno. V případě vyšší rychlosti je řídicí jednotkou motoru vydán příkaz ke snížení točivého momentu motoru, vynuceným ubráním plynu. Následkem čehož se kola přestanou protáčet. Automobil vybavený ASR zároveň obsahuje elektronickou uzávěrku diferenciálu EDS, která působí do rychlosti 40 km/hod.“ [4]

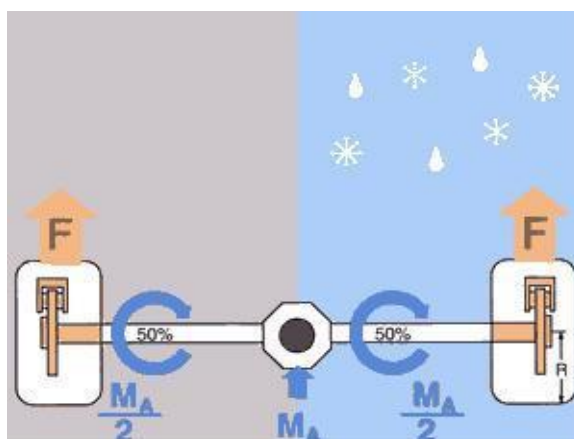
3.3 ESP

„Je regulace jízdní stability stejně, jako u systému ABS může pomoci řidiči zvládnout kritickou situaci, nebo v lepším případě může zabránit vzniku této situace. Řidič se v tomto případě dozví zásah systému pouze signalizací kontrolky na panelu přístrojové desky tento signál je znamením pro řidiče, že automobil se nachází v mezní situaci a při pokračování této situace může dojít k přetáčivosti či nedotáčivosti vozidla.“ [4]

„Signály systému zpracovává řídicí jednotka a rozhoduje, jaká opatření mají být provedena, aby nedošlo k mezní situaci. EDS“ [4]

„Samočinně přibrzdí se kolo hnací nápravy s cílem vyrovnat silový poměr na obou kolech. Řídicí jednotka pomocí snímačů systému ABS kontinuálně sleduje a vyhodnocuje otáčení hnacích kol. Pokud rozdíl hodnot odpovídá prokluzu kol, vyšle signál a systém ABS/EDS protáčí se kolo přibrzdí. Tím vyrovná momenty na obou kolech a výsledný účinek je podobný jako u mechanického uzávěru diferenciálu.“ [4]

„U poháněné nápravy s diferenciálem působí, za předpokladu stejných adhezních poměrů mezi pneumatikou a kolem, stejně velký krouticí moment M_A . Pokud je tření mezi kolem a vozovkou dostatečné, kola přenesou na vozovku všechny hnací moment. Každé kolo tedy přenáší 50% celkového hnacího momentu. Je zřejmé, že hnací momenty kol jsou v rovnováze.“ [4]



Obrázek 12 - Hnací momenty kol v rovnováze [17]

4 POUŽÍVANÉ SIMULAČNÍ SOFTWARE

4.1 MSC ADAMS

Software ADAMS umožňuje rychle vytvořit a testovat virtuální model. Na rozdíl od nástrojů CAD, ADAMS připojí k modelům skutečné fyzikální chování a zároveň řeší kinematickou, statickou a dynamickou část výpočtů. Využívá multibody dynamické technologie.

MSC ADAMS se hojně využívá v motoristickém sportu, jelikož dokáže zpracovávat data, která byla nashromážděna např. při testovacích jízdě. Dále pomáhá jezdcům vhodně

nastavit světlé výšky podvozku a také zvládá modelování aerodynamiky, pneumatik, chování vozidel při zastavování.[17]

4.2 DADS

Software DADS (Dynamic Analysis Design Systém) se používá při modelování např.: přilnavosti pneumatik. Je to program pro modelování a simulaci mechanismů a mechanik. Tento program dovoluje spojit DADS mechanismus modely se SIMULINK blokovými schématy pro kontrolní návrh systému a smíšené-systémové modelování.

Dokáže modelovat větší mechanismy, jako sou například kompletní vozidla. Tento program také dokáže načíst data z programů: CAD, Pro/ENGINEER a CATIA. Díky tomuto je často používán v průmyslu. Používá jednoduché modely a modelují suchý povrch i povrch pokrytý sněhem. Používají zde softwary, které definují interakci pneumatiky a cesty.[9]

4.3 GT SUITE

GT-SUITE je integrovaná sada CAE nástrojů od Gamma Technologies, Inc. pro návrh a analýzu motorů, hnacích ústrojí a dalších částí vozidla. Tato sada obsahuje následujících šest modulů:

- GT-Power simulace motorů a akustických procesů.
- GT-Drive simulace hnacích ústrojí a vozidel, analýza řídicích procesů.
- GT-Vtrain kinematika ventilů, dynamika, vibrace vačkového hřídele, návrh vaček.
- GT-Cool chlazení a teplotní režimy motorů.
- GT-Fuel systémy vstřikování paliva, analýza hydraulických systémů.
- GT-Crank stabilita klikového hřídele, elastické, dynamické analýzy, vibrace bloku motoru, ložiska.

Jednotlivé komponenty (moduly) GT-SUITE jsou spolu provázány a výstupy jednoho modulu je možno použít jako vstupy pro moduly ostatní. GT-SUITE má jednotné uživatelské rozhraní, ze kterého uživatel vytváří všechny funkce preprocesingu i postprocesing. Tyto funkce jsou stejné v celé sadě GT-SUITE a tak uživatelé, kteří již ovládají práci s některým z modulů, mohou velmi snadno pracovat i v modulech ostatních. [10]

Aplikace

GT-Power je speciálně navržen pro simulace ustálených stavů a simulace přechodových jevů. Může být použit pro analýzu řízení chodu motoru nebo pohonných jednotek. Je použitelný pro všechny typy spalovacích motorů a pro simulace procesů jako například: spotřeba paliva, analýza spalování a emisí, teplotní analýza válců, teplotní analýza

výfukového systému, akustická analýza hluku sání a výfuku, recirkulace výfukových plynů a spalin, dále také při optimalizaci časování ventilů, točivého momentu nebo pro návrh rozdělovače. [10]

Kompatibilita s ostatními produkty

Produkt GT-SUITE je plně kompatibilní s produkty jako například START-CD a Fluent, (Computational Dynamics Ltd., Fluent Ltd.), což jsou programy pro výpočty dynamiky tekutin. Dále pak se SIMULINK (Mathworks, Inc.) a MATRIXx(ISI), které zastupují softwarové simulační systémy. Vstupní data a výstupní soubor s výsledky je možné transportovat například s MS Excel.

Aplikace GT-Power

- Spalování a emise
- Teplotní analýza
- Akustická analýza
- Analýza tlaku ve válcích
- Proudění
- Grafický preprocesing tlumiče
- Postprocesing
- Turbodmychadla [6]

4.4 LS - DYNA

Program LS- DYNA byl užíván pro analýzu a zlepšení srážkových testů (crash-tetstu). Využívali jej i New Yorku Department of Transportation Portable Concrete Barrier (NYPCB), ale při skutečné zkoušce se zjistilo, že program z důvodu praskání svárů nevyhovuje Americkým normám a proto byl inovován, aby byl schopen sváry lépe simulovat. [7]

4.5 LMS Virtual.Lab

Je virtuální Laboratoř, která nabízí integrovanou softwarovou soupravu k tomu, aby simulovala a optimalizovala výkon pro strukturální integritu, hluk a chvění, systémové dynamiky a trvanlivost. LMS virtuální Laboratoř obsahuje velké množství požadovaných technologií, aby vykonávali velké množství úkolů. Používání LMS virtuální Laboratoře, mohou inženýři budovat přesné simulační modely, simulovat jejich skutečný-životní výkon, rychle vyhodnotit alternativy a optimalizovat návrhy před konstrukcí prototypu. [18]

Přesně simuluje skutečné-životní chování

Stále rostoucí konkurence nutí výrobce k tomu, aby vyráběli trvalý a atraktivní produkt, který překoná i zákaznicko očekávání. To vyžaduje uživatelsky přívětivé nástroje, které dokáže spolehlivě nahlédnout do nového designu produktu. Tato souprava modeluje a simuluje konstrukci a chování v skutečných-životních případech. Jeho výpočetní zařízení a inovační nástroje vezmou aktuální uživatelské okolnosti a zahrnou je do modelu. LMS virtuální Laboratoř zjistí slabé stránky a dovoluje uživateli prozkoumat více alternativ. [18]

4.6 LMS Imagine.Lab AMESim

Tento program v odvětví automobilového průmyslu se převážně využívá k simulacím: spalovacích motorů, vozidlových tepelných systémů řízení, elektrickým instalacím atd. Dále se používá i pro vývoj do kosmického prostoru a průmyslové stroje. Bohužel v oblasti 3D není tento program moc dokonalý. Jeho některá využití jsou zmíněna v oblasti stabilita jízdy. [18]

ZÁVĚR

Cílem mojí práce bylo popsat, co nejvíce simulací, které se provádí na automobilech a s nimi související. Prostudoval jsem několik anglických a českých článků, které jsem pak zahrnul do několika kapitol. Byly zde popsány některých metody simulací a programy v kterých tyto simulace probíhají.

Na automobilech se dá simulovat spousta a důležitých prvků, ať už to jsou elektronické systémy (ABS, AMR, ASR, ESP....), co nám jízdu ulehčují, nebo ji dělají bezpečnější. Také aerodynamika a s ní úzce související hlučnost, která vzniká při špatném proudění vzduchu a též vývoj samotných pneumatik, které jsou pro plynulou jízdu také velice důležité. Dnešní automobily jsou velice rychlé a proto i velmi malé detaily nám mohou jízdu příjemnit.

Nesimulují se jen členy ovlivňující jízdní vlastnosti. Ale existují také simulace, které simulují třeba rozvod hudby po autě a u Audi se např. simulovali i vůně jednotlivých dílů v interiéru. Nejde sice čistě o počítačovou simulaci, ale i tak je toto testování zajímavé.

Tyto simulace jsou stále rozšiřovány a zdokonalovány, aby co nejdříve napodobili chování vozidel, a mohly tak uspokojit neustále narůstající nárok na zvyšování bezpečnosti samotného vozidla a zároveň zvýšení komfortu pro samotné řízení vozidla.

Pro dosažení kratšího času uvedení výrobku na trh, vývojové týmy musí urychlit každý jednotlivý krok vývojového procesu. Týmy mohou učinit správná rozhodnutí od začátku vytváření nových modelů a co je nejdůležitější, vyhnout se drahým opravám později. Tyto nové aplikace efektivně zachycují a usnadňují rychlé hodnocení výsledků dosažených při simulování.

POUŽITÁ LITERATURA

[1] Matematické modelování ovladatelnosti vozidel = Mathematical simulation of vehicle handling : zkrácená verze Ph.D. Thesis / David Kollhammer. - Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav dopravní techniky, c2005. - 32 s. : il. ; 21 cm. - ISBN 80-214-2860-0 (brož.)

[2] B. OZDALYAN, Development of a slip control anti-lock braking system model. *International Journal of Automotive Technology*, Vol. 9, No. 1, pp. 71-80 (2008) DOI 10.1007/s12239-008-0009-6

[3] LI, LI | WANG, FEI-YUE | ZHOU, QUNZHI., Integrated longitudinal and lateral tire/road friction modeling and monitoring for vehicle motion kontrol. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. Vol. 7, no. 1, pp. 1-19. Mar. 2006 ISSN 1524-9050

[4] MAŇÁK, Radim. *Systémy bezpečnosti provozu vozidla*. Brno, 2008. 43 s. Bakalářská práce. VUT.

[5] Computer simulation. Dostupné z WWW:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_simulation>[cit. 2010-02-25]

[6] ASM DIESEL ENGINE INCYLINDER Simulation Package/ASM Gasoline Engine InCylinder Simulation Package. Dostupné z WWW:

<http://www.dspaceinc.com/ww/en/inc/home/products/sw/automotive_simulation_models/asmincylinder.cfm?nv=n2>[cit. 2010-02-26]

[7] IMPACT LOAD PARKING STEEL COLUMN: CODE REVIEW AND NUMERICAL APPROACH. Dostupné z WWW:

<http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/11359/1/Final_Contribution_Ferrer.pdf>[cit. 2010-03-25]

[8] Přílnavost pneumatik. Dostupné z WWW: <<http://www.pneumatiky-auto.cz/prilnavost.html>>[cit. 2010-04-05]

[9] DADS/Plant: Nonlinear Mechanism Modeling for Control Design. Dostupné z WWW:

<<http://www.ccr.jussieu.fr/ccr/Documentation/Calcul/matlab5v11/docs/00006/006f7.pdf>>[cit. 2010-02-25]

[10] GT-Power : komponenta virtuálního simulačního prostředí

GT-SUITE od Gamma Technologies. Dostupné z WWW:

<<http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2002/TZ-13-2002-vojtech.pdf>>[cit. 2010-02-25]

[11] RALLYE Balet v autě. Dostupné z WWW:

<<http://motorsport.kavalek.net/modules/technology/documentation/rallyebalet.pdf>>[cit. 2010-04-25]

[12] Dostupné z WWW: <<http://auto-moto-blog.cz/aerodynamika.php>>[cit. 2010-02-25]

[13] TIRE MODEL FOR SIMULATIONS OF VEHICLE MOTION ON HIGH AND LOW FRICTION ROAD SURFACES. Dostupné z WWW: <<http://www.informs-sim.org/wsc00papers/135.PDF>>[cit. 2010-02-25]

[14] Kevin Images. Dostupné z WWW: < http://gallery.ensight.com/Images/Kevin-Images/Kevinimage/10196454_b3Gjn/2/757989963_ck7js#757989963_ck7js>[cit. 2010-04-25]

[15] Four-Stroke Engine Simulation. Dostupné z WWW:

<<http://www.forgefx.com/casestudies/prenticehall/ph/engine/engine.htm>>[cit. 2010-02-25]

[16] Bosch, Tiskové informace firmy. Dostupné z WWW: <http://www.bosch.cz/press/_1-CS-12968-cz>[cit. 2009-02-25]

[17] Dynamic Simulation in Motorsports with MSC.ADAMS. Dostupné z WWW:

<http://www.trengineering.de/downloads/Dynamic_Simulation_in_Motorsport-DiFina-TREngineering-Germany.pdf>[cit. 2009-05-1]

[18] LMS Virtual. Lab. Dostupné

z WWW:<<http://www.lmsintl.com/simulation/virtuallab>>[cit. 2009-05-1]

[19] Simulation and Modeling in Power Transmission. Dostupné

z WWW:<<http://www.iti.de/en/simulationx/model-libraries/power-transmission.html>>[cit. 2009-09-5]

[20] NVH Simulation. Dostupné z WWW:<<http://www.ricardo.com/en-gb/Engineering-Consulting/Expertise-Testing--Manufacturing----TBD/NVH/NVH-Simulation/>>[cit. 2009-095]

[21] Dostupné z WWW:< <http://www.lmsintl.com/download.asp?id=4CAFA5EA-70AD-4476-A9A1-24792BDE897E>>[cit. 2009-18-5]