

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Petr Borecký

PRVKY INTEGROVANÉ BEZPEČNOSTI

AUTOMOBILŮ

Bakalářská práce

2015



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K616.....Ústav dopravních prostředků

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Petr Borecký

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – DOS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Prvky integrované bezpečnosti automobilů**

Název tématu (anglicky): Elements of Integrated Safety Car

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- vysvětlení pojmů aktivní, pasivní a integrované bezpečnosti
- popis prvků pasivní bezpečnosti s ohledem na integrovanou bezpečnost
- přehled známých řešení integrované bezpečnosti
- mechanika a dynamika kolizí
- návrh prvku integrované bezpečnosti se zaměřením na kolize s chodci

- Rozsah grafických prací: stanoví vedoucí bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Vlk, František. Karoserie motorových vozidel: Ergonomika, Biomechanika, Pasivní bezpečnost, Kolize, Materiály. Brno: Nakl. Vlk, 2000. ISBN 80-238-5277-9
Kovanda, J., Šatochin, V.: Pasivní bezpečnost vozidel. ČVUT, Praha, 2001. ISBN 80-01-02235-8
First, Jiří. Zkoušení automobilů a motocyklů : příručka pro konstruktéry. Praha : S&T CZ, 2008. ISBN 978-80-2

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří First

Datum zadání bakalářské práce:

26. června 2014

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce:

24. srpna 2015

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.

vedoucí

Ústavu dopravních prostředků



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek

děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



Petr Borecký

jméno a podpis studenta

V Praze dne26. června 2014

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji *vedoucímu* bakalářské práce Ing. Jiřímu Firstovi za odborné vedení, připomínky a cenné rady nejenom při tvorbě bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Josefovi Míkovi za věcné připomínky při tvorbě bakalářské práce. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální i materiální podporu, díky které jsem mohl vystudovat bakalářské studium.


Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právu souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 18. srpna 2015

.....

.....
podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

Fakulta dopravní

PRVKY INTEGROVANÉ BEZPEČNOSTI AUTOMOBILŮ

bakalářská práce

srpen 2015

Petr Borecký

Abstrakt

Předmětem bakalářské práce „Prvky integrované bezpečnosti automobilů“ je analyzovat aktuální stav bezpečnosti soudobých vozidel s následným zaměřením na prvky ochrany osob vně automobilů při srážce. Na základě výsledků z analýzy navrhnout inteligentní systém pro ochranu chodců proti srážce vozidlem s prvky zmírňujícími poranění chodce při možné srážce.

Abstract

The subject of the bachelor thesis „Elements of the integrated safety cars“ is to analyse the safety conditions of contemporary cars with the focus on the safety of persons out of the vehicle during a car accident. On the basis of the analysis results a smart system with components mitigating the potential injury should be designed in order to increase the safety of pedestrians during a car crash.

Klíčová slova

Prvky bezpečnosti, bezpečnostní pásy, airbagy, kapota, záchytná síť, chodci, kolize, inteligentní systém, vývojový diagram, automobil.

Key words

Elements of safety, seat belts, airbags, bonnet, safety net, pedestrians, crash, intelligent system, flowchart, car.

Obsah

Obsah.....	5
1 Seznam použitých zkratk	7
2 Úvod	8
3 Bezpečnost vozidel	9
3.1 Aktivní bezpečnost.....	9
3.2 Pasivní bezpečnost.....	10
3.3 Integrovaná bezpečnost	11
4 Přehled prvků pasivní bezpečnosti.....	12
4.1 Osobní automobily.....	12
4.1.1 Vnitřní pasivní bezpečnost	12
4.1.2 Vnější pasivní bezpečnost.....	24
4.2 Nákladní automobily a autobusy.....	27
4.2.1 Vnitřní pasivní bezpečnost	27
4.2.2 Vnější pasivní bezpečnost.....	28
5 Princip funkce pasivní bezpečnosti s ohledem na integrovanou bezpečnost automobilů	29
6 Konstrukční prvky pasivní bezpečnosti s ohledem na integrovanou bezpečnost	31
6.1 Vnější airbagy (airbagy pro chodce).....	31
6.2 Aktivní kapota	32
6.2.1 Vývojový diagram průběhu činnosti aktivní kapoty.....	35
6.3 Aktivní nárazník	36
6.4 Aktivní opěrky hlavy	37
7 Přehled známých řešení integrované bezpečnosti	39
8 Mechanika a dynamika kolize vozidla.....	41
8.1 Čelní náraz vozidla na pevnou překážku.....	41
8.2 Zóny deformací automobilu pro jednotlivé druhy kolizí	45

9 Návrh prvku integrované bezpečnosti se zaměřením na kolize s chodci	46
9.1 Požadavky na inteligentní systém ochrany chodců	46
9.2 Řízení a regulace inteligentních systémů	47
9.3 Inteligentní systém ochrany chodců - Síť kapota (ISSK).....	48
9.3.1 Prvky systému.....	48
9.3.2 Průběh činnosti navrženého inteligentního systému	51
9.3.3 Vývojový diagram systému ISSK.....	52
10 Závěr	53
11 Použité zdroje	54

1 Seznam použitých zkratk

Značka	Název
ABS	Protiblokovací systém kol automobilu
ESP	Elektronický stabilizační program
LDWS	Systém varování proti neúmyslnému opuštění jízdního pruhu
BA/BAS	Brzdový asistent
ACC	Adaptivní tempomat
PPA	Airbag pro ochranu chodců
ILS	Adaptivní systém světel
LED	Svítivá dioda
ISSK	Inteligentní systém – Sít' kapota
HUD	Head – up displej

2 Úvod

V současnosti se neustále zvyšuje stupeň automobilizace a to nejen v České Republice. Tento trend je výrazně pozorovatelný ve městech. S přibývajícím počtem automobilů se zvyšuje i riziko střetu s chodci. Ti jsou nejméně chráněni účastníci silničního provozu, proto bývají jejich zranění často fatální. Výrobci vozidel na tento trend reagují a snaží se postavit takové vozidlo, které by předešlo srážce s chodcem nebo alespoň zmírnilo zdravotní následky chodce po střetu. V tomto směru je obrovskou pomocí elektronika, která v současném vozidle hraje hlavní úlohu nejenom v bezpečnosti, ale v celém řízení automobilu. Navzdory tomu se běžně dějí smrtelné úrazy chodců, jež srazil automobil. Na tento nepříjemný jev se snaží práce najít řešení, které by snížilo smrtelné a vážné úrazy sražených chodců. Výrobci vozidel se intenzivně zabývají stejným problémem, zatím se ale jejich řešení neukázalo jako dostatečně spolehlivé za veškerých klimatických podmínek. Proto bude v samostatné části práce navržen systém, který by byl schopen chodce ochránit za veškerých podmínek.

Problematika bezpečnosti automobilů se s vývojem značně mění. Od počátku sériové výroby automobilů, která zapříčinila značný nárůst automobilů na silnicích, se jejich bezpečnost zaměřovala nejprve na ochranu cestujících uvnitř vozidla při kontaktu těla s interiérem vozidla. Se vzrůstajícím počtem automobilů se zvyšoval počet nehod. Tím se do popředí dostal zájem postavit vozidlo s deformačními zónami. Tento trend přístupu k bezpečnosti vozidla vydržel do počátku 80 let, kdy se začalo myslet na případný střet vozidla s chodcem a díky tomu byly zaobleny vnější ostré výstupky a hrany. V současnosti bezpečnost vozidla směrem k chodcům výrazně pokročila. Starají se o ni nejenom prvky konstrukční, jako je aktivní kapota, airbag pro chodce, ale i prvky asistenční. Asistenční prvky mají za úkol zabránit možné kolizi, nebo výrazně snížit rychlost vozidla před střetem.

3 Bezpečnost vozidel

Jedna z velice důležitých vlastností, která se řeší, při konstrukci silničních motorových vozidel je jejich bezpečnost. Na bezpečnost lze nahlížet ze dvou hlavních pohledů. V prvním se zaměřujeme na veškeré systémy a konstrukční prvky, které jsou schopny zabránit dopravní nehodě. V tomto případě mluvíme o aktivní bezpečnosti vozidel. V druhém případě se zaměřujeme na zmírnění zdravotních následků vzniklých nehodou, ke kterým přes veškerou snahu řidiče i vozidla může dojít, mluvíme o pasivní bezpečnosti vozidel. [1]

S vývojem společnosti a růstem životní úrovně se neustále zvyšuje počet automobilů v silničním provozu. Díky tomuto vývoji začal být smíšený provoz automobilů se zranitelnými motocyklisty, cyklisty i chodci více rizikový. Vlivem této skutečnosti byli výrobci automobilů nuceni postavit vozidla, která zohledňují požadavky na srážky s chodci. Tyto požadavky se promítly nejprve do pasivní bezpečnosti, hlavně pak do konstrukce „měkkých“ struktur karoserie a dále do zaoblení výstupků karoserie. Zároveň se na moderních vozidlech stále více uplatňují tzv. asistenční systémy, které srážku dopředu predikují a dokážou možné srážce zabránit. [1]

3.1 Aktivní bezpečnost

Aktivní bezpečnost zahrnuje každý prvek, jenž zajišťuje bezpečný provoz vozidla. Tyto prvky spojuje jediný účel a to předejít či zabránit vzniku dopravní nehody. Do aktivní bezpečnosti patří především přesné řízení, brzdy, geometrie podvozku, pérování, výkon motoru atd. Tyto prvky bezpečnosti jsou vůbec nejdůležitější pro bezpečný provoz vozidel, neboť jimi řidič určuje charakter pohybu vozidla. Další prvky zajišťují vhodné ovládání automobilu, např. ergosféra, posilovač brzd a řízení, kontrolní a signalizační zařízení. Nepochybně sem patří prvky jízdního pohodlí např. anatomicky tvarované sedačky, ventilace, topení a klimatizace. Tyto prvky zajišťují, že je řidič za jízdy méně unaven a zároveň se více soustředí na řízení. V posledním desetiletí se stále více prosazují pomocné a tzv. asistenční elektronické systémy, které eliminují chyby řidiče nebo na ně upozorňují. Příkladem je systém zamezující blokování kol (ABS), systém udržování jízdní stability (ESP), systém udržování v jízdním pruhu (LDWS) nebo brzdový asistenční systém (BA, BAS). [2]

3.2 Pasivní bezpečnost

Pod pojmem pasivní bezpečnost se rozumí celková ochrana osob ve vozidle stejně tak i ostatních účastníků silničního provozu. Prvky pasivní bezpečnosti jsou veškeré prvky podílející se na eliminaci následků dopravní nehody.

Historicky prvním využívaným a zároveň nejdůležitějším prvkem jsou deformační zóny karoserie. Tyto části vozidla umožňují pohltit pohybovou energii vozidla při střetu. Patří sem karoserie, nárazníky apod.

Dále do pasivní bezpečnosti patří zádržné systémy, jež slouží k zachycení pohybové energie těla osob ve vozidle, při nárazu dále airbagy, opěrky hlavy, oblé hrany výčnělků interiéru a velké kontaktní plochy interiéru vozidla. Důležitou součástí pasivní bezpečnosti jsou prvky kompatibility, které zamezují vklínění do ostatních vozidel, například ochranný rám proti podjetí nebo kryty mechanismů. Stěžejní je použití nehořlavých materiálů. [2]

Prof. Patrick na sobě prováděl testy, ze kterých stanovil základní požadavky na pasivní bezpečnost automobilu. Z těchto testů vznikly tyto závěry:

- Posádka vozidla musí mít dostatečný prostor pro přežití, a to i při převrácení vozidla a jízdě po střeše. Do tohoto prostoru nesmí nadměrně proniknout žádná část vozidla, která tam nepatří (hlavně hřídel řízení).
- Ve vnitřním prostoru vozidla nesmí být žádné části, které by mohly přispět ke zranění posádky, tedy ani ostré výstupky. Hrany pokud možno odstranit, nebo zakulatit, nejmenší radius hran je 2,5 mm.
- Vnitřní část tohoto prostoru by měla být vyložena materiály tlumícími náraz a případné plochy, které mohou přijít do styku s lidským tělem, musí být co největší (např. střed volantu).
- Prostor pro posádku musí být co nejužší, aby se při havárii co nejméně deformoval a umožnil otevření alespoň jedněch dveří, bez pomoci nástrojů, s tím, že kabina musí zůstat celistvá.
- Sedačky musí být upevněny tak pevně, aby zůstaly v případě nárazu na svém místě.
- Posádka musí být fixována na sedadlech speciálním zařízením, které zachytí energii nárazu a nedovolí kontakt těla s pevnými částmi kabiny.
- Dveře vozidla se nesmí při nárazu samovolně otevřít, posádka nesmí z auta vypadnout (hrozilo by až 5x větší riziko úmrtí).
- Přední a zadní část vozidla musí pohltit energii nárazu a rozprostřít ji na určitý minimální čas, aby zpoždění kabiny a tedy posádky při nárazu nepřekročilo kritické hodnoty.

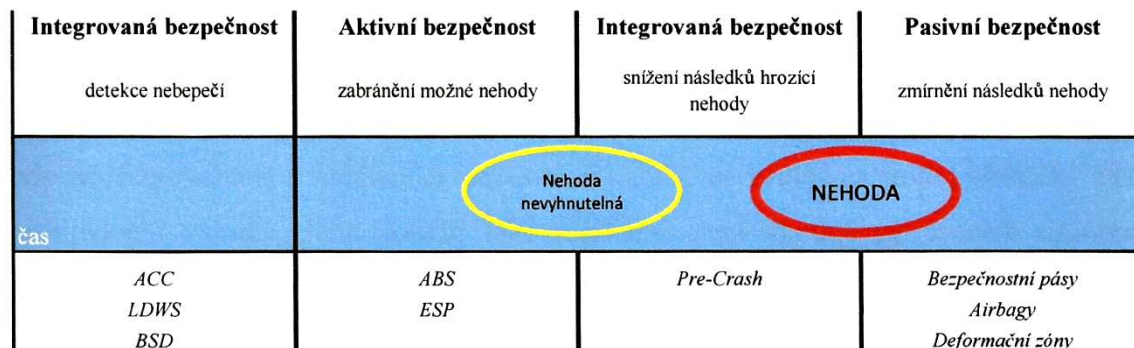
- Okna ve vozidlech musí být takové konstrukce, aby při rozbití nezpůsobila řezné poranění posádky.
- Při nehodě nesmí dojít k požáru vozidla a úniku paliva z nádrže.
- Materiály používané v interiéru vozidla by měly být nehořlavé. [3]

I přes veškeré prvky bezpečnosti může při nehodě dojít ke zranění. Prvky pasivní bezpečnosti mají primárně zmírnit poranění těla v nejzranitelnějších místech, tedy hlavy a trupu.

Pro efektivní vývoj pasivní bezpečnosti bylo nutné stanovit maximální možné zpomalení působící na lidské tělo, které je možné přežít, při nehodě. Následně kvantifikovat a kvalifikovat traumatologické nálezy, analyzovat mechanismy poranění kostních částí a zhodnotit závažnost poranění. Tímto se zabývá biomechanika. [2]

3.3 Integrovaná bezpečnost

Integrovaná bezpečnost zahrnuje veškeré konstrukční prvky uvnitř a vně vozidla, které se uvedou v činnost již při neodvratitelném nehodovém ději. Hranice, která odděluje pasivní bezpečnost od integrované, je nehoda, viz obr. 1. [2]



Obr. č. 1 – Druhy bezpečnosti při nehodovém ději [4]

4 Přehled prvků pasivní bezpečnosti

Do skupiny pasivní bezpečnosti přísluší každý prvek automobilu, který má za účel zmírnit následky dopravní nehody. Díky objemnosti celé skupiny je vhodné prvky pasivní bezpečnosti dělit. Nejprve podle skupiny automobilů, dále podle umístění bezpečnostního prvku, vzhledem k posádce vozidla. [2]

4.1 Osobní automobily

Tato práce se věnuje bezpečnosti vozidel, především potom pasivní bezpečnosti. V rámci kategorií automobilů se prvky pasivní bezpečnosti liší. Právě to je důvod, proč se následující kapitola bude věnovat prvkům pasivní bezpečnosti osobních automobilů, tedy vozidel kategorie M1.

4.1.1 Vnitřní pasivní bezpečnost

Účelem vnitřní pasivní bezpečnosti je eliminovat, či předejít vzniku zranění osob uvnitř vozidla při nehodě. Do této kategorie patří například bezpečnostní pásy, sedačky, bezpečnostní skla a airbagy, které jsou popsány níže.

Pro snížení pravděpodobnosti zranění je důležitý dostatečně velký prostor pro posádku při a po nárazu. Za předpokladu, že prostor nebude adekvátně velký, se zvyšuje pravděpodobnost úrazu a většinou i jeho závažnost. S touto podmínkou úzce souvisí použití bezpečnostních pásů. Bez jejich použití nelze počítat s využitím deformačních zón karoserie, vzhledem k pohlcení kinetické energie těla pasažéra. Bezpečnostní pásy se dotýkají těla cestujícího na relativně malé ploše. Při velkém zrychlení, díky kterému vzniká vysoký tlak na hrudník, mohou vznikat poranění orgánů, které se nacházejí v hrudním koši. Proto jsou airbagy vhodným doplňkem bezpečnostních pásů. Airbagy po nafouknutí umožňují uvolnit bezpečnostní pás a zachytit tělo. Bez využití bezpečnostních pásů airbagy nemohou vhodně ochránit posádku. [1]

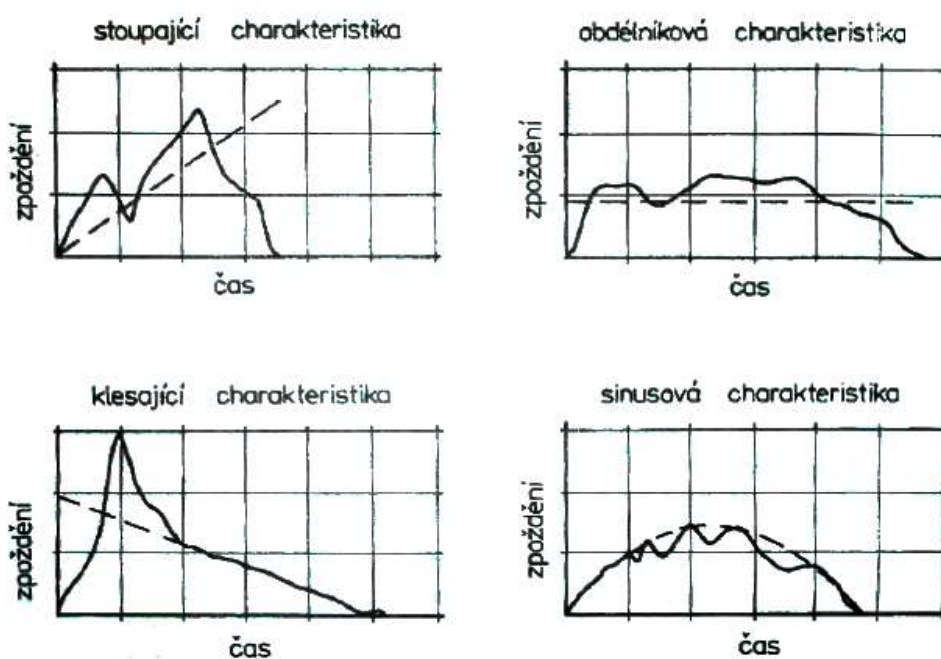
V následující části se práce zaměřuje na popsání jednotlivých prvků vnitřní pasivní bezpečnosti.

Deformační zóny jsou nejdůležitějším prvkem bezpečnosti vůbec, jejich účel spočívá ve využití kinetické energie vozidla k plastické deformaci karoserie podle *Hookova zákona*, který je dán vztahem:

$$\sigma_n = E \cdot \varepsilon$$

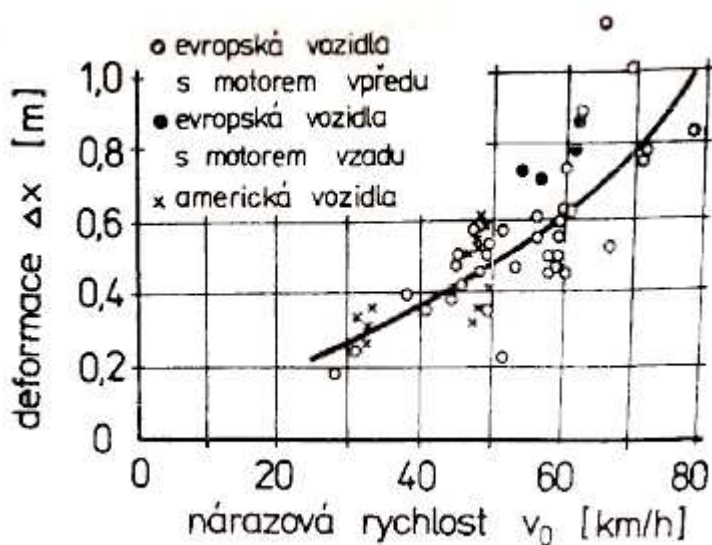
E - modul pružnosti v tahu, σ_n - normálové napětí, ε - relativní prodloužení

Karoserie vozidla musí být konstruována s ohledem na čtyři směry nárazů a to čelní, boční, zadní, a horní náraz (převrácení, rotování vozidla). [2] Soudobá vozidla při čelní srážce vykazují jednu ze čtyř závislostí průběhu zpoždění kabiny vzhledem k času nárazu. [5] Charakteristiky jsou uvedené v obrázku č. 2.

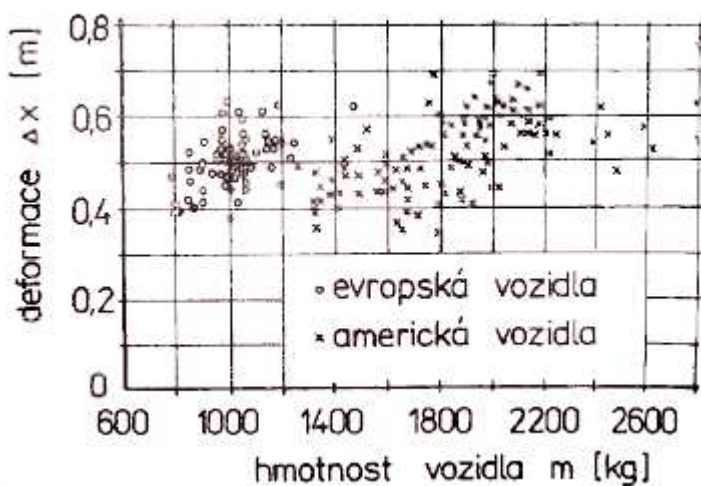


Obr. č. 2 – Časové charakteristiky zpoždění kabiny soudobé produkce vozidel o hmotnosti přibližně 1000 kg při čelním nárazu na pevnou překážku rychlostí 50 km/h [5]

Velký význam na vzdálenost deformace přední části karoserie má hmotnost a nárazová rychlost jednoho vozidla v případě kolize s pevnou překážkou nebo obou vzájemně kolidujících vozidel. Závislost deformace přídě vozidla na různých parametrech ukazují obrázky. č. 3 a 4. [5]



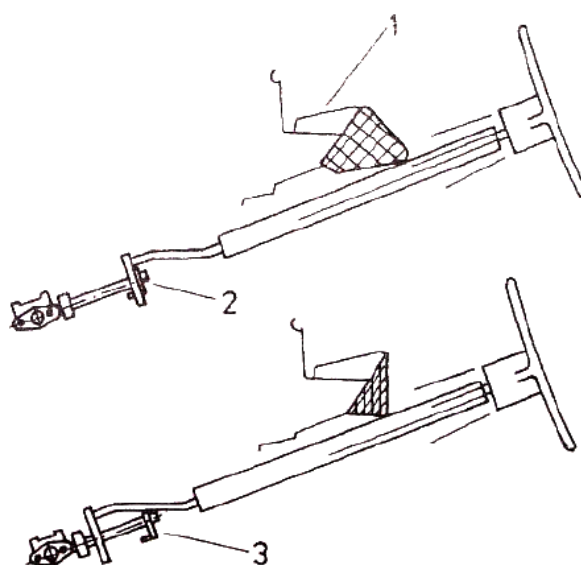
Obr. č. 3 – Závislost deformace přídě vozidla na nárazové rychlosti při čelním nárazu do pevné stěny. [5]



Obr. č. 4 – Závislost deformace přídě vozidla na jeho hmotnosti při čelním střetu s pevnou stěnou rychlostí 50km/h. [5]

Palubní deska tento prvek interiéru mimo svoji ergonomickou, ovládací nebo úložnou funkci plní funkci zachycení části kinetické energie osob při nehodách. Palubní deska proto musí být konstruována bez ostrých hran a výčnělků, případné kontaktní plochy palubní desky s tělem pasažéra by měli být dostatečně veliké a drsnost povrchu by měla zamezit poranění kůže vlivem tření. [2]

Bezpečnostní volant je prvek, který má za úkol ochránit řidiče především při čelním nárazu, proti poranění od tyče řízení volantu nebo sloupku volantu. Provádí se například teleskopickou tyčí řízení volantu nebo jiným řešením naznačeným na obrázku 5 [5]



Obr. č. 5 – Bezpečnostní sloupek řízení, 1 – absorbér nárazu, 2 – vysmekávající pojistka, 3 – spojka v uvolněné poloze [5]

Popis obrázku – krycí trubka je v kontaktu s absorbérem nárazu, který se při nárazu zdeformuje. Hřídel volantu je zajištěn vysmekávající pojistkou.

Vnitřní výčnělky a netříštivé materiály jsou ve vozidle nutné navrhovat tak, aby při nehodě pasažér neutrpěl bodné či řezné poranění vlivem dynamického kontaktu s interiérem automobilu. Viz palubní deska. [2]

Bezpečnostní skla jsou na vozidle použity proto, aby nezpůsobily při nehodě řezné poranění cestujícím. Rozlišuje se několik typů bezpečnostních skel.

Vrstvené sklo je tvořeno ze tří a více vrstev. První a třetí vrstva jsou skla, druhá vrstva se nachází mezi skly a je tvořena fólií z umělých hmot. Druhá vrstva zajišťuje, že sklo po rozbití zůstane kompaktní.

Tvrzené sklo je jednovrstvé. Sklo je zakaleno, tím je dosaženo v jeho struktuře pnutí. Pnutí se využívá k lomu skla na mnoho úlomků s tupými hranami, které nezpůsobí poranění. [5]

Sedadla a opěrky hlav zajišťují komfortní polohu po usednutí do vozidla, vedou trup a poskytují opěru tělu. Z hlediska bezpečnosti mají především zadržovací funkci. V okamžiku nárazu musí odolat setrvačným silám těl a hlav pasažérů a také nákladu v úložném prostoru. Sedadla a opěrky hlav jsou konstruovány tak, aby nezpůsobovaly zranění při různých typech dopravních nehod. Konstrukce *sedadel* zabezpečuje vhodnou geometrii sedění i ovladatelnost prvků vozidla řidičem. Sedadla především luxusních vozidel jsou vybaveny systémy větracími, změny tlaků kontaktních ploch, adaptivním anatomickým tvarováním apod. Tyto systémy nejsou povinné, nepodléhají proto schvalování. Podle konstrukce *opěrky hlavy* je dělíme na tři druhy:

- A) Integrální – funkci zabezpečuje vrchní část sedadla.
- B) Oddělitelná – jsou upevněna v opěradle, lze jí lehce vyjmout.
- C) Samostatná – částečně nebo úplně upevněna mimo sedadlo. [2]

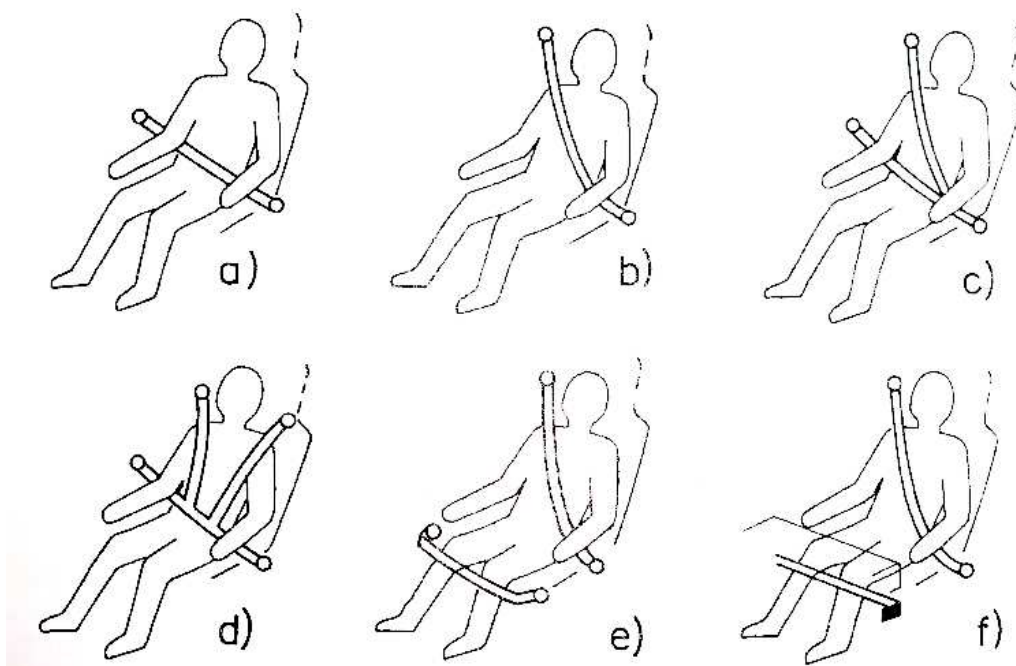
Bezpečnostní pásy jsou, jak již bylo řečeno výše, důležitý prvek bezpečnosti automobilu. Vykonávají nejefektivnější ochranu cestujících ve vozidle při nehodě. Účinně zachycují a udržují těla posádky na sedadlech. Díky pásům tak nemůže nastat vymrštění těla z vozidla, které rotuje podle libovolné osy, či jinak prudce měnícího směr nebo rychlost pohybu.

Bezpečnostní pásy rozlišujeme podle způsobu upoutání na *aktivní* a *pasivní*.

Pasivní jsou plně automatické, tedy pracují bez jakéhokoliv přičinění cestujícího. Poté co osoba usedne do sedačky, automaticky jí obepne bezpečnostní pás. Pro technickou náročnost na upoutání se pasivní bezpečnostní pásy masově neprosadily, mají je některé luxusní vozy z produkce USA.

Aktivní bezpečnostní pásy jsou nejvíce rozšířené díky jednodušší konstrukci oproti pasivním pásům a dobré účinnosti zadržení těla. Nejčastěji je využíván tříbodový systém,

který kombinuje diagonální a pánevní pás, dvoubodový (břišní pás) se nerozšířil, protože při nárazu nedokáže zachytit trup. Čtyřbodový bezpečnostní pás využívají v závodních vozidlech (rally). Pro úplnost, další druhy pásů znázorňuje následující obrázek č. 6.

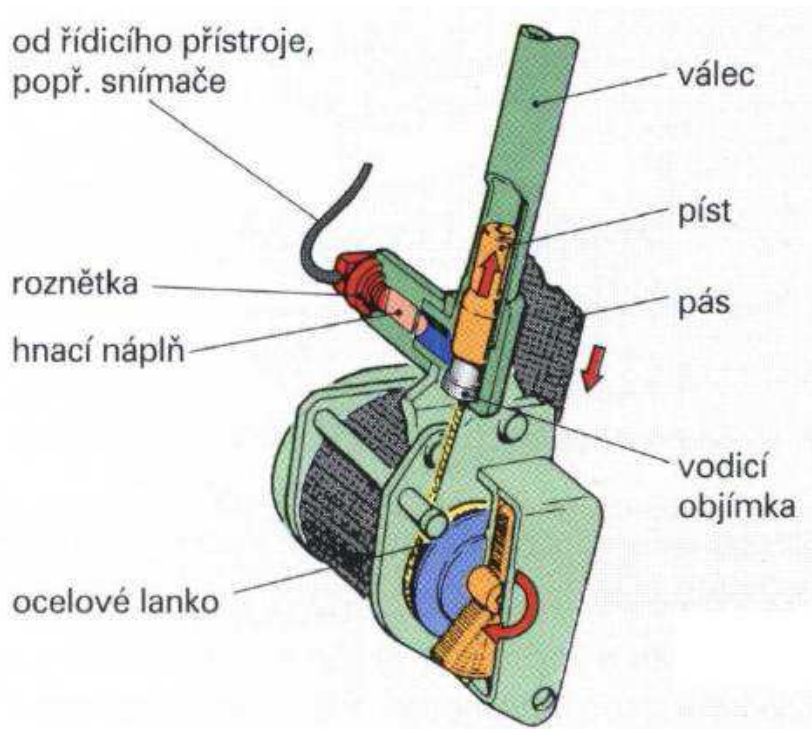


Obr. č. 6 – Druhy bezpečnostních pásů: a) dvoubodový (břišní), b) dvoubodový (diagonální), c) třibodový, d) čtyřbodový (šle), e) ramenní a kolenní, f) diagonální s kolenní opěrkou. [5]

Bezpečnostní pás s přepínačem – je oproti výše zmíněnému pásu vybaven zařízením, které v okamžiku prvního kontaktu s kolidujícím objektem dopne bezpečnostní pás. Pro zajištění správné funkce bezpečnostního pásu, musí mít pás těsný kontakt s tělem pasažéra, aby byl pásem co nejdříve zachycen. Díky různému druhu oblečení pasažérů a jisté vůli v bubnu navíjecího mechanismu bezpečnostního pásu dochází často k drobné volnosti pásu. Tuto volnost ruší předpínače pásů, které jsou ovládány buď mechanicky, nebo pyrotechnicky. Konstruktivních řešení dosažení dopnutí pásu je více.

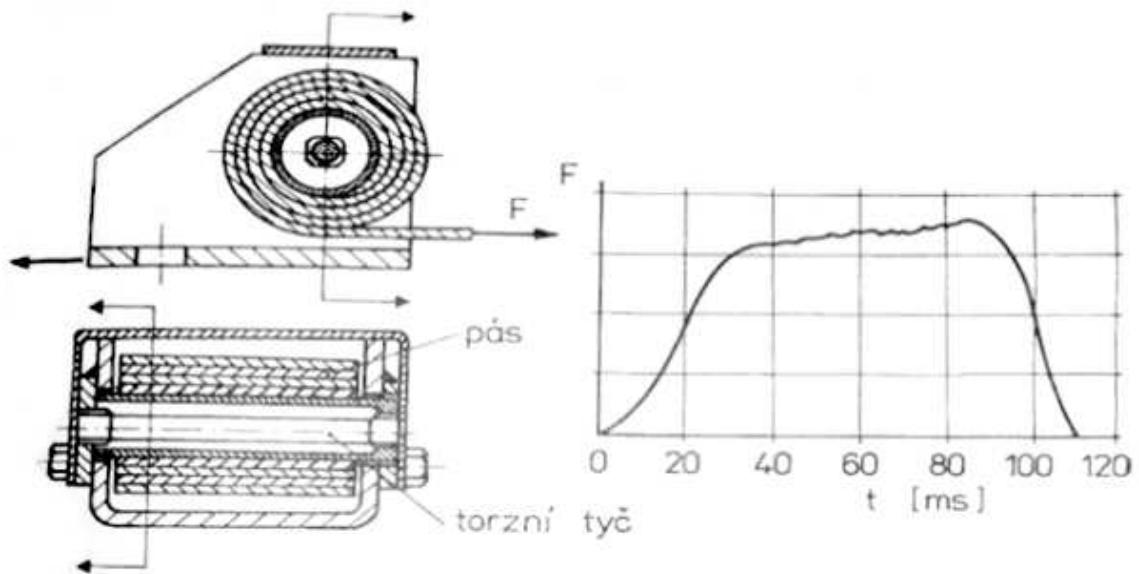
Níže budu popisovat bezpečnostní pás s pyrotechnickým předpínačem s přenosem dopínací síly lankem na navíjecí buben pásu. Předpínač zajistí těsný kontakt pásu s tělem v okamžiku srážky. Pyrotechnický předpínač je aktivován v součinnosti s aktivací vzduchových vaků, řídicí jednotkou airbagů, která dostává informace z čidel umístěných v deformačních zónách karoserie. Předpínač je uveden do činnosti explozí hnací plynové náplně ve válci. Válec je uzavřen pístem. Vlivem tlaku ve válci koná píst práci a spojen lankem s bubnem bezpečnostního pásu jej pevně dopne. Díky dopnutí se rovnoměrněji

rozloží zátěž těla v celém čase zachycení. Dále předpínač zajistí vhodný okamžik pro zachycení hrudě a hlavy vzduchovým vakem. Popsaný předpínač je schematicky zobrazen na obrázku č. 7 [1]



Obr. č. 7 – Pyrotechnický předpínač bezpečnostního pásu [6]

Z pohledu biomechaniky je nutné, aby síla v podélné ose pásu nepřesáhla, v celém průběhu srážky, maximální hodnoty kritérií poranění hrudníku. Za tímto účelem je použit omezovač zádržné síly. Omezení síly se dosahuje plastickou deformací torzní tyčky (obr. č. 8) nebo destrukcí pásu speciálním trhacím švem nebo jiným konstrukčním řešením. [5]



Obr. č. 8 – Omezovač síly v pásu s torzní tyčkou [5]

Airbagy (vzduchové vaky) jsou vzduchové vaky, které jsou nafouknuty při dosažení určité deformace karoserie či zpomalení vlivem nárazu. Jejich hlavní účel je v prodloužení optimálně měkké deformační zóny, která slouží k zachycení hlavy, trupu případně kolen a to ve směru nárazu. Pro lepší představu je na obrázku č. 9 schéma airbagu řidiče.



Obr. č. 9 – boční pohled na airbag řidiče s kolenním polštářem [5]

Význam airbagů nastává pouze při současném použití bezpečnostních pásů. Do veškeré dnešní produkce vozidel se standardně montují airbagy řidiče a spolujezdce s bezpečnostními pásy s přepínači. [5]

Airbagy mohou chránit různé části těla, před nárazy z různých směrů. Rozeznáváme airbagy čelní, kolenní, boční, okenní a kyčelní umístění airbagů je znázorněno na obrázku č. 10. Činnost všech airbagů ovládá jediná centrální řídicí jednotka, propojená se snímači

zrychlení. Při stanovené hodnotě dá řídicí jednotka impuls k odpálení pyrotechnických patron bezpečnostních vaků. Správná funkce airbagů je indikována kontrolkou na přístrojové desce. Při zapnutí zapalování se na několik vteřin rozsvítí a následně zhasne, v případě poruchy svítí stále. [5]



Obr. č. 10 – Druhy airbagů: 1 – čelní airbag řidiče, 2 – čelní airbag spolujezdce, 3 – boční airbagy, 4 – hlavový airbag [7]

Kryty nad jednotkou bezpečnostního vaku ve volantu i pod palubní deskou jsou v místě airbagu zeslabeny pro jednoznačný směr výstřelu, při odpálení patron prasknou. Nafouknutí airbagů se odehraje v desítkách milisekund. Čidla zpomalení pro zjištění nárazu jsou implementována v řídicí jednotce pro předpínač bezpečnostních pásů a v čelním airbagu. Nebo jsou umístěny na určených bodech pravé a levé strany vozidla (boční airbag). Někteří autoři upozorňují na důležitost těchto čidel. „Přesnost čidel je životně důležitá“ [5]. Konstrukčně jsou tyto akcelerometry na povrchu tvořeny mikromechanickými snímači, jež jsou tvořeny z pevných a pohyblivých jemných struktur i pružinových lamel. [5]

Elektricky odpálenou roznětkou se aktivují nálože plynových generátorů k naplnění airbagů stejně tak i předpínače bezpečnostních pásů. Uplynulý čas od zapálení roznětky a následného vyvíjení plynu až po nafouknutí airbagu se různí podle typu airbagu. Podle

[5] u airbagu řidiče 30 ms, u spolujezdce do 50 ms v případě okenního airbagu trvá nafouknutí do 25 ms. [5]

Druhy bezpečnostních vaků

Protože se čelní airbagy z hlediska bezpečnosti osvědčily, přistoupilo se na rozšíření airbagů po celém vnitřním prostoru vozidla, proto jsou níže vysvětleny a popsány jednotlivé druhy bezpečnostních vaků. [5]

Plně objemové airbagy

Jedná se o standardně montovaný airbag do moderních vozidel. Označení pochází ze Spojených států amerických. [5] Zde řidič nemusí být postižený pokutou při nepřipoutání cestujících bezpečnostním pásem. Pokud nespáchá jiný přestupek, za který jej může zastavit hlídka policie. [8] Z tohoto důvodu je airbag většího objemu, než je u nízkoobjemového druhu, aby poskytl ochranu i nepřipoutaným pasažérům. V Evropě takto označované bezpečnostní vaky mají objem 60 – 75 litrů pro řidiče, pro spolujezdce na předním sedadle pak 100 – 140 litrů.

Systém airbagů spojených států

Veškeré druhy airbagů, splňující americké bezpečnostní normy jsou vybaveny kolenními polštáři, které zabraňují sesunutí neupoutaných osob.

Nízkoobjemové airbagy

Tyto systémy jsou velice podobné s plně objemovými systémy, hlavní odlišnost spočívá v menším pytli a dále v oddělené senzorice. Díky těmto odlišnostem mohou být použity jako dodatečné vybavení.

Boční airbag

Je airbag, chránící osoby uvnitř vozidla proti bočním nárazům, často je umístěn v bocích předních sedadel nebo ve dveřích. Aby airbasy chránící pasažéry z bočních stran správně plnily svou funkci, bylo nutné zabezpečit nafouknutí vaků v kratší době než u čelních airbagů. Tento požadavek se promítnul do výrobní ceny, proto se airbasy pro ochranu z boků montují především do vozidel s vyšší úrovní výbavy.

Okenní airbag

Chrání cestující při bočních střetech, tvoří tak doplněk ke klasickým airbagům. Okenní bezpečnostní vak má přibližně délku dva metry, šířku 35 cm a 6 cm tloušťku. Upevnění airbagu je provedeno do segmentu střechy ze strany interiéru, vak sahá od A sloupku po C sloupek. Při bočním střetu se vak aktivuje ve stejný okamžik jako boční airbag a zakryje celou délku interiéru tak, že připomíná nafouknutou záclonu. Tímto se zabrání nárazu pasažéra do bočního skla, B sloupku nebo jiných pevných struktur v blízkosti jeho hlavy. Dalším přínosem je ochrana proti poranění střepy skla nebo vniknutí cizích předmětů do vnitřku vozidla. Okenní bezpečnostní vak se skládá z devíti komor, které jsou při nehodě nafouknuty nejdéle do 25 ms. [5]

Kyčelní airbasy pro řidiče a spolujezdce (pelvisbag)

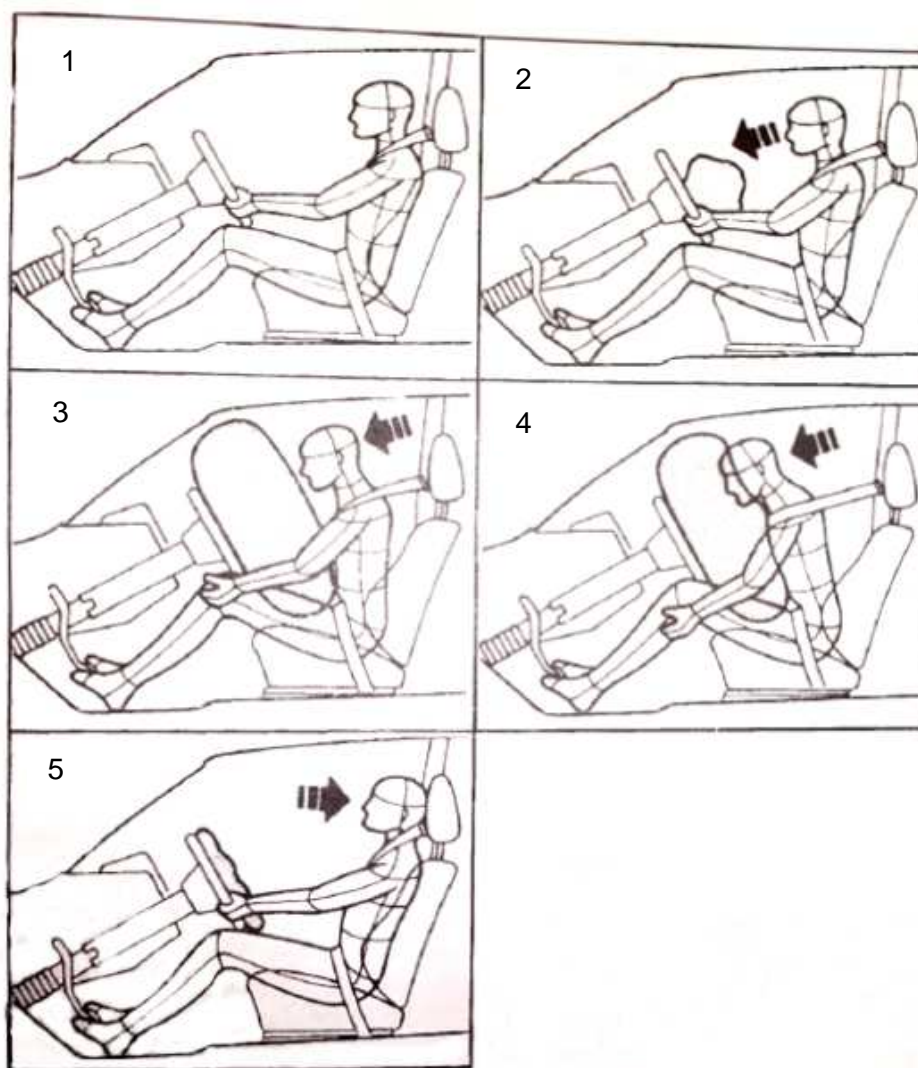
Kyčelní airbasy zajišťují ochranu oblasti pánve a kyčlí, díky tomu zmírňují míru zranění těchto míst při nehodě. Airbasy se uvedou v činnost tehdy, když řídicí jednotka airbagů naměří patřičné hodnoty a z nich dopočítá směr nárazu. Airbasy jsou umístěny v bocích předních sedaček v oblasti pánve posádky mezi panely dveří. Při aktivaci se kyčelní airbag nafoukne a odsune pánev posádky do středu vozidla, doba aktivace airbagů je do 20 ms. [8]

Gasgenerátor

Tato komponenta je jádrem systému. V nových vozidlech je tvořena hliníkovým pouzdrem. V komoře vyvíječe je umístěna tableta, která je tvořena dusíkatými sloučeninami. Tableta obsahuje elektronickou rozbušku, která je ovládána řídicí jednotkou airbagů. Tableta se prudkým shořením přemění na dusík, který následně v řádech milisekund rozvine pytel.

Safing-Sensor

Tento elektronický senzor zabezpečuje spolehlivost celého systému airbagů proti nechtěné aktivaci. Crash senzor je čidlo, které vyhodnocuje deformaci karoserie. Safing senzor je čidlo měřící zrychlení vozidla. K výstřelu airbagů může dojít, pouze pokud dají signál obě čidla (Crash i Safing-Senzor). [5]



Obr. č. 11 – Časový průběh funkce airbagů vozidla Opel [5]

Na obrázku č. 11 je znázorněn průběh funkce airbagu a bezpečnostního pásu s předpínačem. Ve fázi 1 je okamžik nárazu ještě s nulovým zpomalením. Ve fázi 2 je okamžik, kdy se silně deformuje před vozidla, řidič koná tělem pohyb vpřed, zároveň s aktivací airbagu se uvádí v činnost předpínač pásu. Ve fázi 3 je plně nafouknut airbag,

do kterého řidič následně narazí. Fáze 4 ukazuje zachycení řidiče airbagem, při uvolnění bezpečnostního pásu. V 5 fázi na řidiče působí ponárazová reakce.

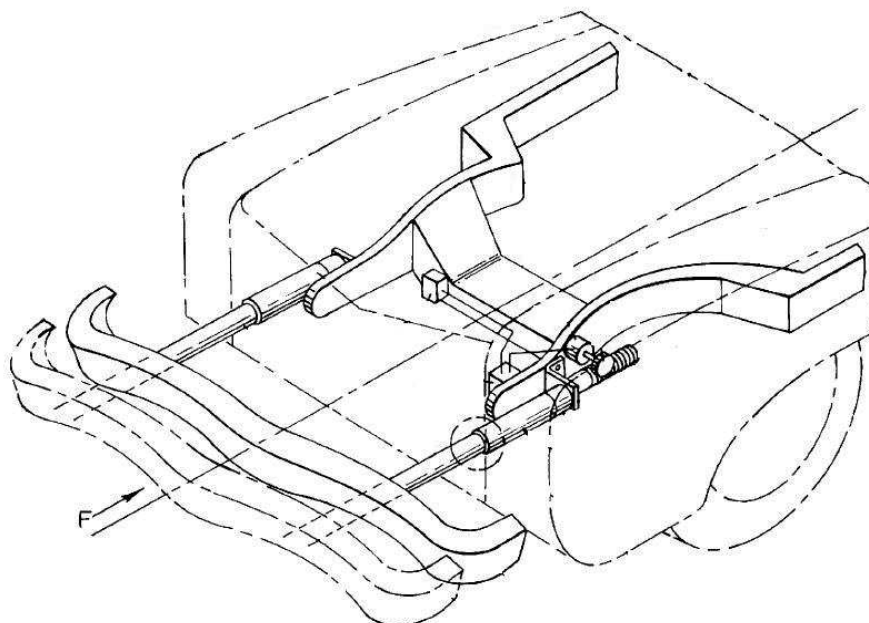
4.1.2 Vnější pasivní bezpečnost

Kategorie vnější pasivní bezpečnosti zahrnuje zejména konstrukční prvky, které zmírňují nebo zabraňují poranění osob a zvířete mimo vozidlo. Například oblé hrany a výčnělky karoserie, nárazník, kapota, vstřícný nárazník, aktivní kapota, airbag pro chodce apod. Pro zvýšení ochrany chodců jsou neustále vyvíjeny nové prvky pasivní bezpečnosti, neboť tito účastníci silničního provozu jsou ze všech nejvíce ohroženi.[2]

Vnější výčnělky povrchu vozidla podléhají předpisům stanovujícím jejich tvar. Výčnělky povrchu vozidla jsou důležitým prvkem pasivní bezpečnosti zejména ve vztahu ke kolizím s chodci, kteří jsou nejzranitelnější. Povrch vozidla nesmí tvořit žádný prvek, který by způsobil svojí drsností, výčnělkem či ostrou hranou zranění. Pro kategorie silničních vozidel M a L se za vnější povrch považuje celý obvod vozidla, tedy veškeré části vozidla, se kterými může kolidovat sražená osoba nebo zvíře. Z výše zmíněné oblasti jsou vyňaty „měkké“ struktury, například zpětné zrcátka, antény, znak výrobce vozidla atd. [2]

Nárazníky vozidla plní funkci ochrany účastníků silničního provozu mimo vozidlo, nebo na vozidle. Další funkcí je ochrana vozidla při nárazech v nízkých rychlostech. [2] *Absorbci nárazové energie* lze podle principu docílit elasticko-plastickou deformací, třením, kompresí plyných látek nebo škracením kapalin. *Elasticko-plastickou deformaci* využívá k pohlcení nárazové energie většina automobilů. Je zajištěna deformováním plechů nárazníkových struktur. K ochraně automobilu při nízkých rychlostech se využívá plasticky deformovatelných výměnných bloků. [5]

Tření má své uplatnění v teleskopických strukturách nárazníku. Nejčastěji se tyč nebo trubka, se kterou je spojen nárazník, při nárazu zasune do trubky umístěné v přední části karoserie. Viz obrázek č. 12. Nárazová energie se z velké části přemění na tření mezi prvky zmíněnými výše.

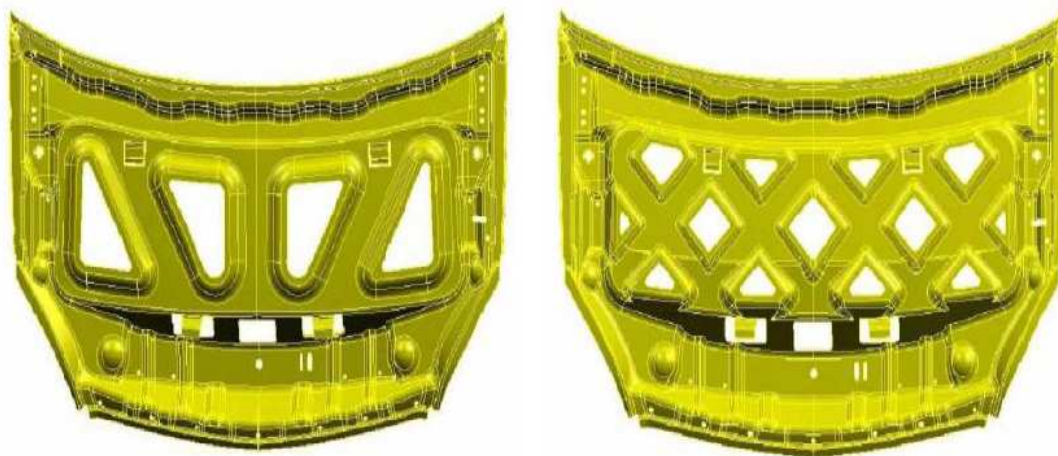


Obr. č. 12 – Třecí trubkový absorbér čelního nárazu [9]

*Kompresi plyných látek se využívá v pneumatickém absorběru, který polytropickou stavovou změnou a škrčením plynu pohltí kinetickou energii při střetu. Nezanedbatelným kladem tohoto konstrukčního řešení je jeho malá hmotnost a velikost oproti ostatním konstrukčním řešením absorběru. K navrácení plyného absorběru do původní polohy se využívá buď kompresoru, pokud je jím vozidlo vybaveno, nebo plynem stlačeným při střetu do speciální nádrže. *Hydraulický tlumič nárazu* pracuje na principu škrčení kapalin. Podle konstrukce členíme hydraulické tlumiče do dvou skupin, na děrované a ventilové. [5]*

Kapoty jsou druhou částí vozidla, hned po nárazníku, která přichází do styku s chodcem při jeho střetu. Kapota proto musí plnit funkci „měkké“ struktury pro zabránění smrtelného zranění. S kapotou statisticky nejčastěji koliduje jako první hlava chodce. Důležité je, aby byla kapota konstrukčně navržena s možností průhybu směrem do motorového prostoru, přibližně 10 cm. Podmínkou je, aby deformace kapoty nedošla až na pevné struktury pod kapotou. Tímto průhybem se dosáhne nižší hodnoty zpomalení hlavy, které zamezí fatálnímu zranění hlavy. Přední část kapoty by měla být dostatečně poddajná, především pro dobrou ochranu sražených dětí. Vrchní část nohy dospělého člověka často koliduje s hranou kapoty, proto je třeba, aby se hrana dala při srážce dobře deformovat. Sklon kapoty pro dobrou bezpečnost chodců by měl být v rozsahu od 0° do 6°. Delší kapota je

z hlediska bezpečnosti sražených osob vhodnější, protože nehrozí náraz hlavy do tuhých oblastí rozhraní čelního skla a kapoty nebo A sloupků. Tvar kapoty, především výška její hrany, výrazně ovlivňuje točivý impuls sráženého chodce. Proto není vhodné, aby byla výrazně nízko nebo velice vysoko. Při výrazně nízké nebo vysoké poloze vzniká větší natočení chodce a tím se zvyšuje nebezpečí nárazu hlavy chodce na vozovku, při následném vymrštění a rotaci těla po srážce. Významným konstrukčním prvkem bezpečnosti kapoty je konstrukce vnitřních výztuh. Je vhodné, aby kapota měla rovnoměrnou tuhost v celé své ploše. K tomu se využívá zvýšení počtu žebér kapoty.[1] Viz obr č. 13.



Obr. č. 13 – Nalevo původní a vpravo vylepšená struktura kapoty [10]

Často výrobci automobilů řeší problém s nedostatečným prostorem mezi kapotou a motorem, který je významný pro ochranu chodce při srážení. Řešením tohoto problému se ukázali aktivní kapoty. [1] Jimž se práce bude zabývat níže.

4.2 Nákladní automobily a autobusy

Prvky pasivní bezpečnosti se rozšířily téměř do všech kategorií vozidel. Ve skupinách nákladních vozidel a autobusů se vlivem odlišnosti vozidel oproti osobním automobilům mění některé prvky pasivní bezpečnosti [2], které v této kapitole vysvětlím.

4.2.1 Vnitřní pasivní bezpečnost

Vnitřní pasivní bezpečnost nákladních automobilů vychází z požadavků pro osobní vozidla, proto platí výše popsané u osobních automobilů, s ohledem na funkci nákladního automobilu potažmo autobusu. [2]

Pevnost karoserie autobusů plní při kolizi stěžejní díl ochrany cestujících. Protože vozidla M2 a M3 jsou určena k hromadné přepravě osob, představuje tak každá nehoda velké riziko těžkých zranění cestujících. Proto je třeba, aby pevnost karoserie zajistila ochranu cestujících při převrácení na bok, nebo při čelním střetu. Těžké zdravotní následky cestujících při dopravních nehodách jsou často zapříčiněny deformací prostoru posádky vlivem zmíněného převrácení. Aby se zabránilo těmto újmám, autobusy procházejí zkouškami převrácení celého vozidla, převrácení části vozidla, nárazem kyvadla do části karoserie. Vhodnou neinvazivní zkouškou je výpočet pevnosti karoserie. [2]

Pevnost kabin nákladních automobilů je hlavní prvek pasivní bezpečnosti této kategorie vozidel. Konstrukce kabin musí být taková, aby při dopravní nehodě bylo co nejmenší riziko vzniku zranění. Pro tento účel se používají tři druhy zkoušek. Zkouška čelním nárazem kyvadla, pevnosti střechy a pevnosti zadní stěny. První ze zkoušek simuluje čelní náraz do pevné struktury. Zkouška pevnosti střechy představuje simulaci převrácení na střechnu. Zkouška pevnosti zadní stěny představuje simulaci ochrany proti vniknutí nákladu do kabiny. [2]

4.2.2 Vnější pasivní bezpečnost

Vnější pasivní bezpečnost má stejný úkol u nákladních automobilů jako u osobních automobilů, viz kapitola 4.1.2. Proto se níže práce věnuje jen prvkům, ve kterých je odlišnost vlivem změny kategorie automobilů.

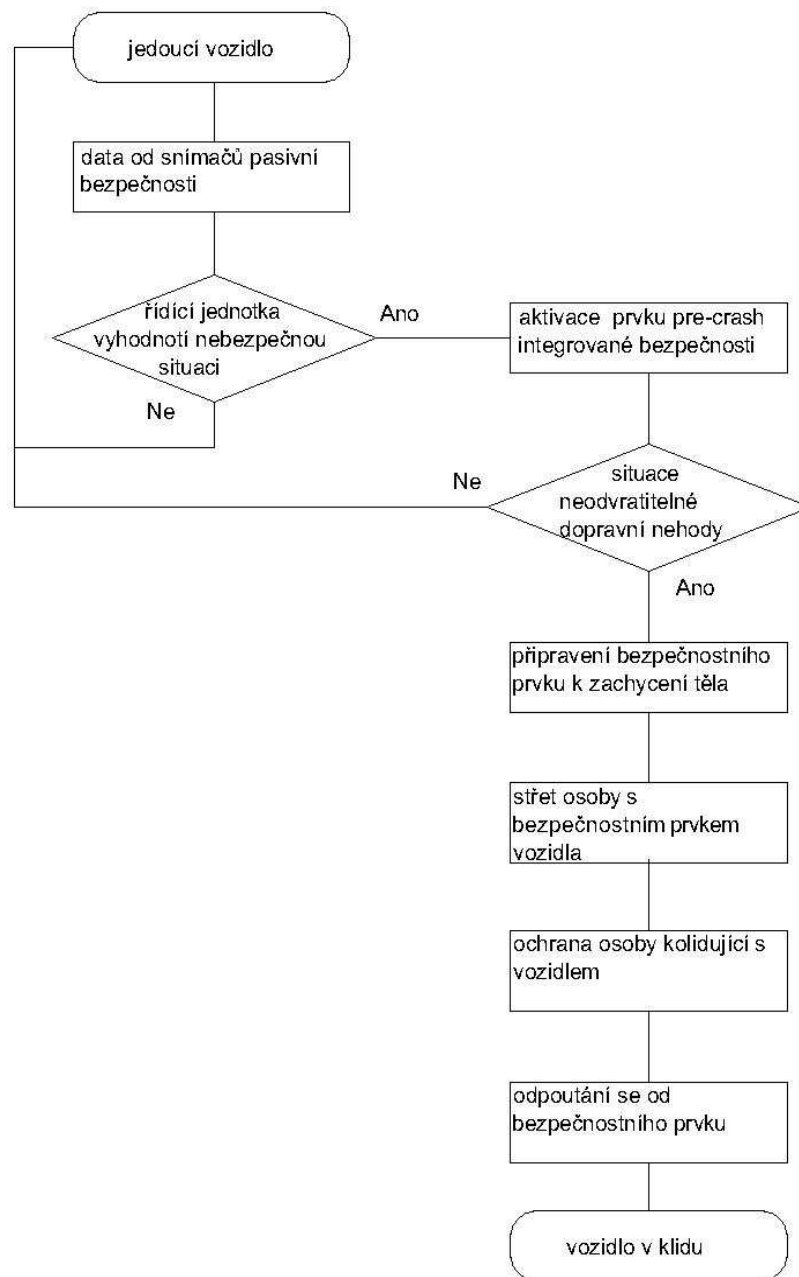
Vnější výčnělky povrchu vozidla musí splňovat stejné kritérium pro tvary kabiny nebo karoserie (autobus) jako u osobních vozidel. Vozidla skupiny N se hodnotí pouze z čelní a bočních stran kabiny. [2]

Prvky kompatibility se využívají ke srovnání nestejných velikostí vozidel z pohledu vzájemné kolize. Zařízení proti podjetí se umísťuje především na vozidla kategorie N2, N3, O3 a O4. Má za úkol zabránit vklínění menších automobilů, především osobních do zmíněných vozidel. Zařízení proti podjetí musí být dostatečně pevné, vhodně výškově umístěné, nesmí ovlivňovat jízdní vlastnosti ani zvyšovat riziko zranění. Ochrana proti podjetí se instaluje na nákladní vozidla z přední strany, bočních stran i zadní strany. Na přípojná vozidla se umísťuje buďto pouze na zadní stranu nebo v případě návěsu na boční i zadní stranu [2]

5 Princip funkce pasivní bezpečnosti s ohledem na integrovanou bezpečnost automobilů

V následujícím textu se budeme věnovat takovým prvkům pasivní bezpečnosti, které se uvedou do činnosti při situaci, kdy je již dopravní nehoda neodvratitelná, ale ještě nedošlo k nárazu. Jedná se o nejnovější systémy airbagů, systémy předpínačů bezpečnostních pásů, aktivních opěrek hlavy a ochrany chodců (aktivní kapota, aktivní nárazník, airbag pro chodce). Všechny tyto prvky se uvádí v činnost na základě stejného principu.

Na vozidle jsou instalovány snímače zpomalení. Ve vozidlech s vysokou bezpečnostní výbavou akcelerometry doplněny kamerou, která sleduje prostor před, z boků, případně za vozidlem (stereokamery, lidary a radary). Systém se dále skládá z řídicí jednotky, která vyhodnocuje příchozí informace od čidel a snímačů. Dalšími prvky jsou akční členy, které jsou ovládány elektrickým impulsem z řídicí jednotky, akční členy zajišťují připravení bezpečnostního prvku k využití při nehodě. [4] Níže uvedený vývojový diagram názorně ukazuje průběh aktivace bezpečnostního prvku.



Obr. č. 14 – Průběh činnosti prvků pasivní bezpečnosti v časové posloupnosti při kolizním ději

Na obrázku je diagramem znázorněna posloupnost dějů od klidné jízdy po dopravní nehodu, kde je zobrazen průběh činností bezpečnostních systémů.

6 Konstrukční prvky pasivní bezpečnosti s ohledem na integrovanou bezpečnost

Tato kapitola se zabývá prvky pasivní bezpečnosti, které se aktivují těsně před srážkou. Již v prvním okamžiku srážky je osoba chráněna.

6.1 Vnější airbagy (airbagy pro chodce)

Před přibližně čtvrt stoletím se poprvé objevily airbagy. V této době se konstruktéři zabývali zejména ochranou posádky. Až v tomto století se výrazněji prosadila bezpečnost chodců a tehdy se konstruktéři zaměřili na využití airbagu i z vnější strany vozidla. Airbag pro chodce zamezuje přímému kontaktu hlavy s tvrdými strukturami vozidla, především A sloupků a rozhraní čelního skla a kapoty. Princip aktivace airbagu je popsán výše. Toyota přišla v roce 2008 s koncepcí rozmístění airbagů pro chodce, tento koncept ukazuje obrázek 15. [1]



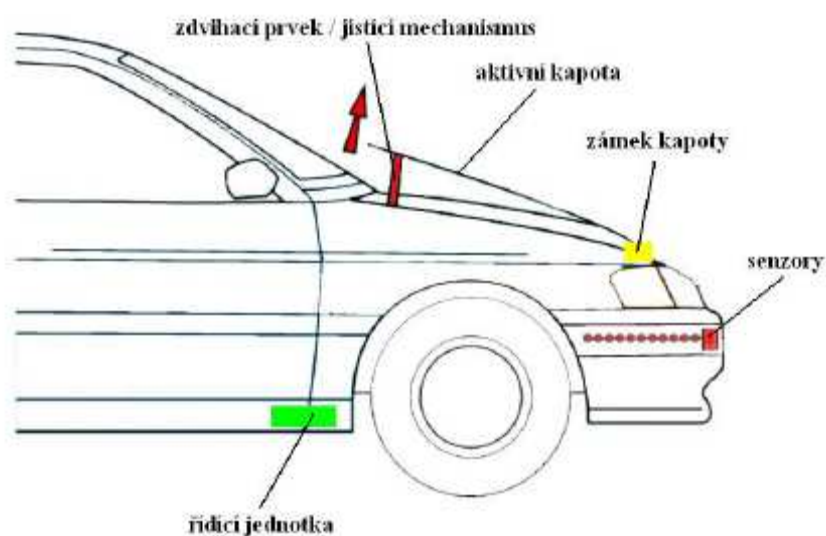
Obr. č. 15 – Koncept systému airbagů pro chodce Toyota [11]

Firma Autoliv vyvinula v roce 2012 airbag pro ochranu chodců (PPA). Při kombinaci s aktivní kapotou tyto systémy výrazně snižují pravděpodobnost úmrtí chodce při střetu s vozidlem do rychlosti 40 km/h. Systém zahrnuje dvojici airbagů, které zakrývají tuhé A sloupky a mechanismus uvolnění kapoty. [1]

Automobilka Volvo v roce 2012 přišla se sériovou výrobou prvního vozidla s airbagem pro chodce v kombinaci s aktivní kapotou, tento systém má za úkol jednak prodloužit deformační zónu kapoty a také zamezit kontaktu hlavy s tvrdými strukturami čelní části vozidla. V případě čelního střetu s chodcem, vyhodnotí řídicí jednotka aktivní kapoty, údaje od snímačů zrychlení, které jsou umístěné v nárazníku. Pokud detekuje systém chodce, pyrotechnicky odjistí závěsy kapoty vytáhnutím čepu a zároveň se nafoukne airbag chodce, který kapotu přizvedne o šest centimetrů. Airbag se rozprostře přibližně do poloviny čelního skla. Tímto systémem se výrazně snižují zranění hlavy a trupu chodce. [12]

6.2 Aktivní kapota

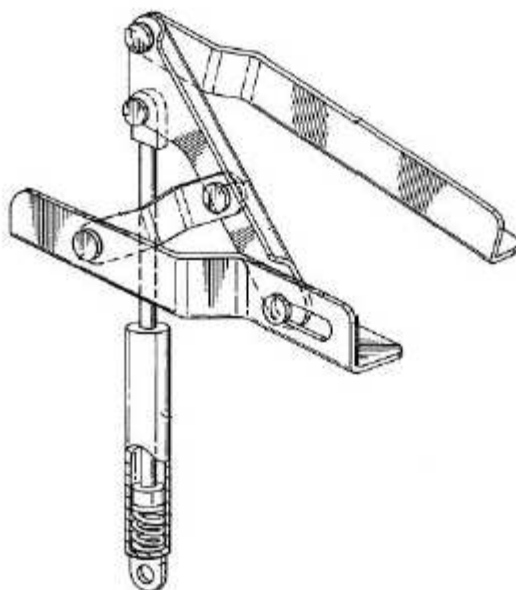
Aktivní kapota zvyšuje ochranu vysoce rizikových částí těla, tj. především hlavy, hrudě a pánve. Změnou geometrie kapoty před nárazem vznikne prostor mezi kapotou a motorem přibližně 10 cm. Schéma je uvedené na následujícím obrázku č. 16



Obr. č. 16 – Schéma aktivní kapoty s jednotlivými prvky systému [13]

Tohoto prostoru se využije pro deformaci kapoty, proto je chodec lépe zachycen. Energie nárazu se vhodněji roznese a pohltí a tím je omezen výskyt závažných zranění. Činnost aktivní kapoty při střetu je následující. Při prvním kontaktu chodce s nárazníkem vozidla, při nehodě, jsou čidly rozpoznány nohy chodce, a proto vozidlo aktivuje mechanismus na uvolnění závěsu kapoty. Nejnovější systémy jsou vybaveny detekčními snímači (radary a kamerami), proto může být kapota aktivována ještě před nárazem chodce do vozidla. Následně dojde k přizvednutí kapoty vlivem rozepnutí předepjatých pružin nebo jiným

konstrukčním řešením. Na následujícím obrázku (17) je ukázán zdvihací prvek kapoty se zajištěním proti zpětnému zaklapnutí. [1]



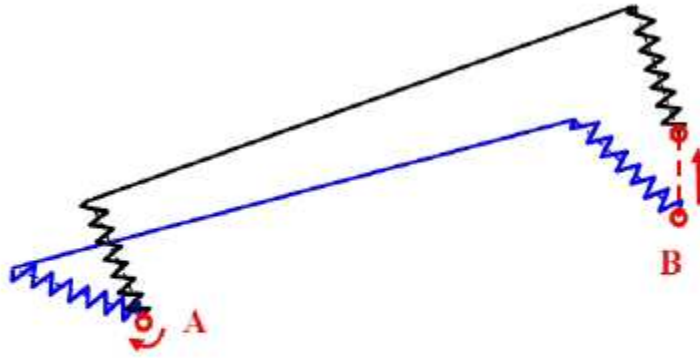
Obr. č. 17 – Zdvihací prvek aktivní kapoty připravený pro zachycení chodce kapotou [13]

Pokud by vozidlo přesně neidentifikovalo chodce a uvedlo v činnost aktivní kapotu, při kolizi se sloupem či jinou pevnou překážkou by došlo k nevhodným deformacím, a posádka utrpěla závažnější zranění. Aby se detekoval náraz vozidla, využívají se dva druhy snímačů.

Membránové snímače jsou instalovány do nárazníku v prostoru pěnové výplně, která je z vnitřní strany plastového nárazníku a rozkládají se po celé jeho délce. V zadní části nárazníku se nachází dvojice snímačů zrychlení. Čidla zrychlení jsou od sebe vzdálena ideálně 250 mm pro nejlepší zjištění místa nárazu. [1]

Optické vlákna vedou elektrický impuls generovaný fotodiodou, na kterou dopadají světelné impulzy poskytované LED diodami. Vlivem ohybu optických vláken při nárazu je možné rozeznat předměty kolidující s nárazníkem. Pro lepší identifikaci objektu řídicí jednotkou jsou optická vlákna řazena paralelně vedle sebe. [1]

Na obr. č. 18 je naznačena změna geometrie kapoty. Zdvihnutím horní části kapoty (B) a jejího zajištění dojde k drobnému vysazení a pootočení dolní části kapoty kolem bodu (A).



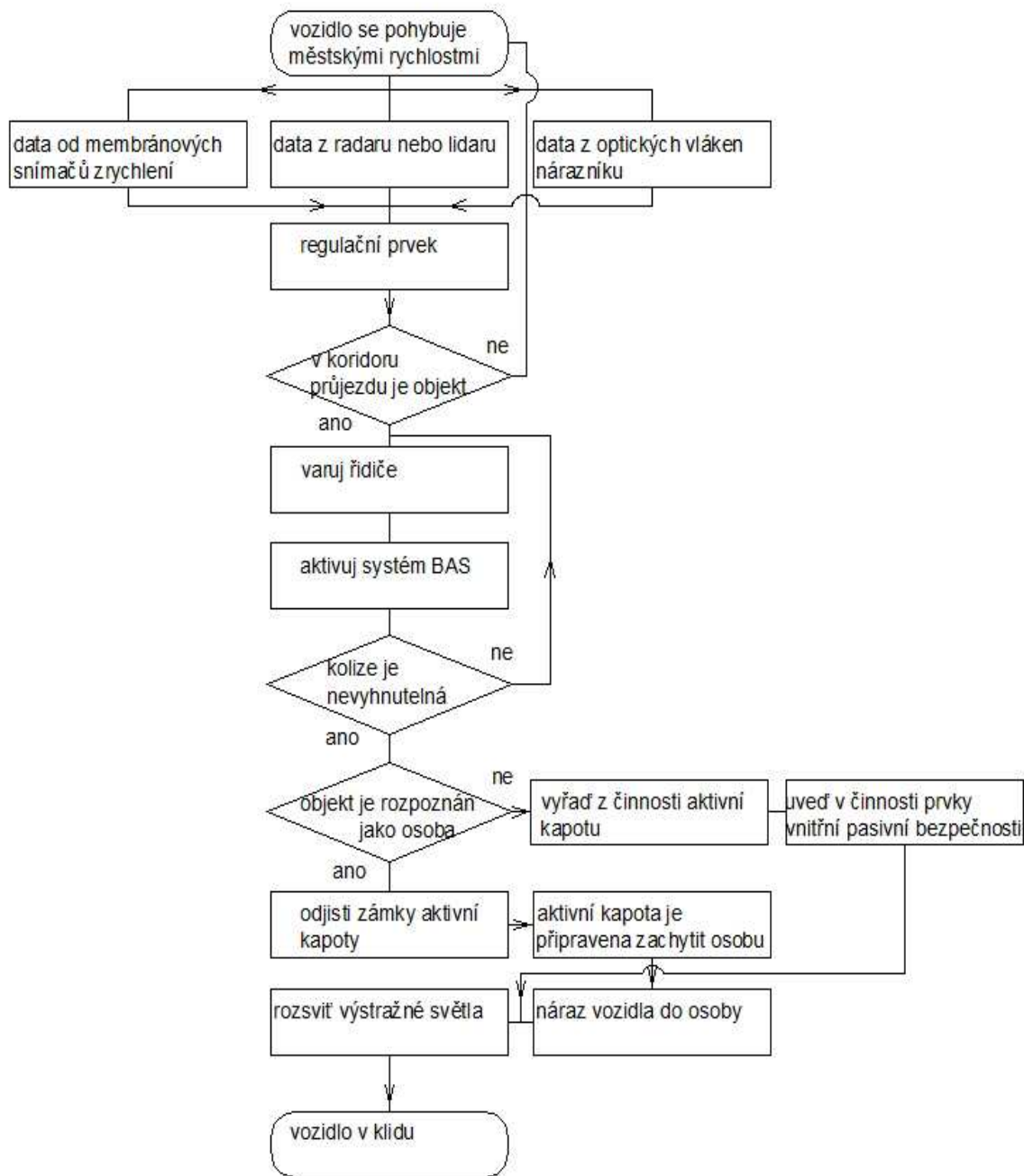
Obr. č. 18 – Schéma mechanismu aktivní kapoty [14]



Obr. č. 19 – Aktivovaná aktivní kapota [15]

6.2.1 Vývojový diagram průběhu činnosti aktivní kapoty

Pro dobré pochopení a představení jak systém aktivní kapoty funguje je uveden vývojový diagram jeho činnosti.

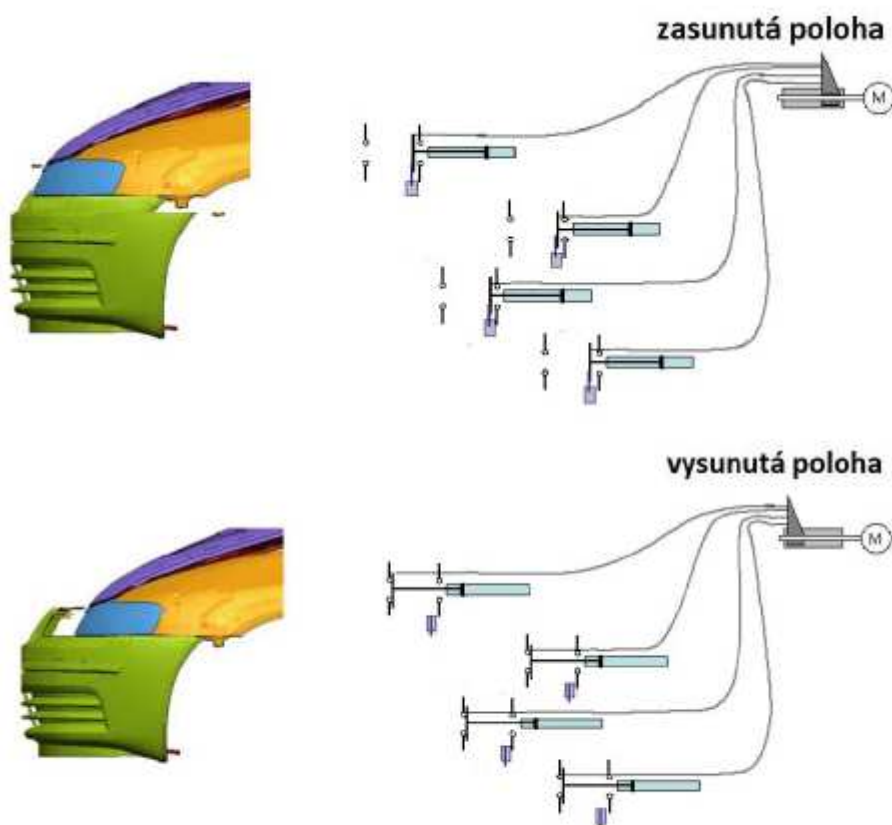


Obr. č. 20 – Vývojový diagram moderního systému aktivní kapota při činnosti.

6.3 Aktivní nárazník

Tento konstrukční prvek zajišťuje prodloužení deformačního prostoru pro sráženého chodce. Aktivní nárazník se zatím jako jediný prvek vnější pasivní bezpečnosti neprosadil při výrobě automobilů, zůstal pouze konceptem.

Jedna z možností prodloužení deformačních drah nárazníku je jeho vysunutí těsně před kolizí s chodcem. Vysunutí je možné provést různými konstrukčními prvky. Na obrázku č. 21 je vyobrazen aktivní nárazník ve standardní a vysunutě poloze. Vysunutí nárazníku zabraňuje při srážce, fraktuře holenní kosti chodce. Na tomto obrázku je vysunutí řešeno pomocí tlumičů plněných stlačeným plynem, které přes písty posunou nárazníkem. Impulz k vysunutí, v případě analyzování chodce přijde, od řídicí jednotky do zámků pístků. Navrácení nárazníku do původní polohy se provede elektromotorem propojeným lanky s pístky tlumičů. [1]



Obr. č. 21 – Koncept aktivního nárazníku s plynovými tlumiči. [16]

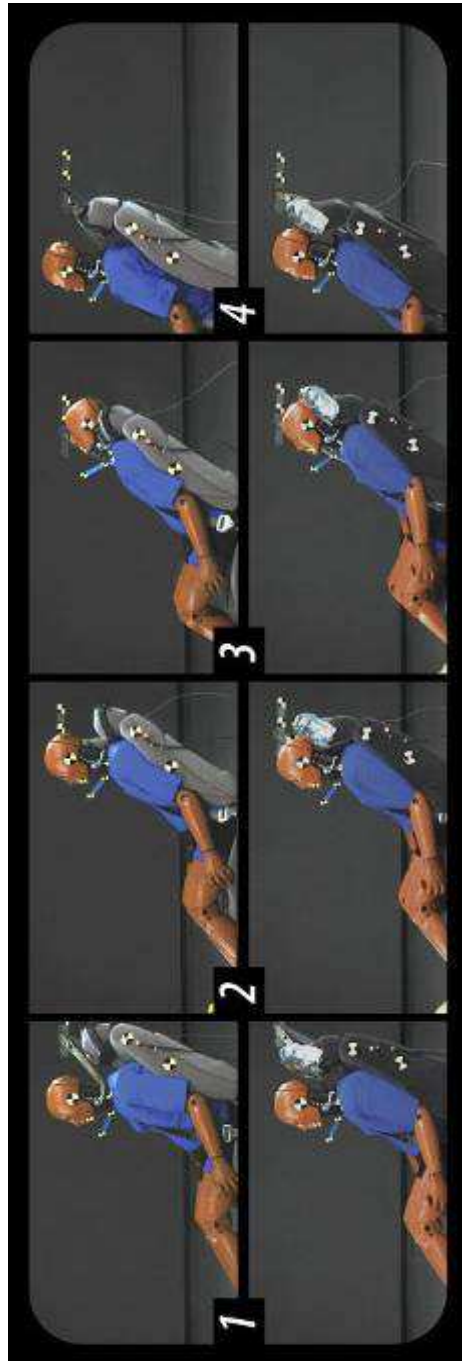
Aktivní nárazník tohoto konceptu vytvořil výrobce automobilů značky Fiat ve spolupráci s technickou univerzitou Chalmers ve městě Göteborg ve Švédsku. [1]

6.4 Aktivní opěrky hlavy

Aktivní opěrky hlavy slouží ke zmírnění poranění krční páteře, ke kterému může dojít především při nárazu zezadu do vozidla. Rozdíl aktivní opěrky hlavy od normální je v tom, že aktivní opěrka se při nárazu do zádi vozidla posune blíže k hlavě a zároveň se kousek nadzvedne, tak aby byla hlava cestujícího dříve zachycena. [17]

Opěrky hlavy NECK – PRO předních sedadel

Tento systém opěrek používá značka Mercedes-Benz v modelových řadách C-Class, CLK-Class, CLS-Class a E-Class. Systém je založen na změně polohy opěrky vůči hlavě v okamžiku nárazu zezadu, opěrka se vlivem odjištění předepnuté pružiny povysune a zároveň přiblíží k hlavě. Odjištění je řízeno elektronickým signálem z řídicí jednotky opěrek, do které přichází informace z čidel nárazu umístěných na zádi vozidla, pokud je dosaženo stanovené hodnoty, mechanismus je odjištěn, předepnuté pružiny posunou opěrku o 40 mm dopředu a zároveň 30 mm nahoru, celý úkon proběhne v řádu milisekund. Následně je možné přiloženým nástrojem ručně vrátit opěrku zpět do výchozí polohy tak, aby byla připravena chránit při případné nehodě. [18] Sled pohybu cestujícího při nárazu je ukázán na obr. č. 22



Obr. č. 22 – Časový průběh nárazu s klasickou opěrkou a aktivní opěrkou [19]

Obrázek č. 22 znázorňuje kinematiku hlavy při nárazu zezadu, vrchní řada představuje normální opěrku. Dolní řada obrázku ukazuje aktivní opěrku NECK – PRO. Ve fázi 1 na cestujícího nepůsobí žádné zrychlení, ve 2. fázi sedačka zachycuje trup pasažéra, v 3. fázi koná pohyb hlava cestujícího a ve fázi 4 nastává zpětný pohyb vlivem reakce na náraz

7 Přehled známých řešení integrované bezpečnosti

Prvky integrované bezpečnosti mají co nejvíce snížit následky *hrozící* nehody. Část těchto prvků bylo popsáno v předešlé kapitole, protože svou konstrukcí spadají do pasivní bezpečnosti. V následujícím odstavci představím prvky integrované bezpečnosti, které mají asistenční charakter a řadí se do aktivní bezpečnosti. Převážná část následujících systémů pochází od značky Mercedes – Benz, která se společně se značkou Volvo dělí o první příčku v bezpečnosti vozidel.

Asistent sledování bdělosti

Pod tlakem povinností řidiči často přeceňují svojí únavu, proto je častou příčinou dopravních nehod mikrosnání. Asistent sledování bdělosti zjistí pomocí senzorů únavu řidiče a varuje řidiče, aby v zájmu bezpečnosti zastavil a dopřál si krátkou pauzu.

Inteligentní světelný systém (ILS)

ILS je adaptivní systém světel. Systém je adaptivní, protože reaguje na veškeré změny při řízení vozidla, upravuje kužel podle rychlosti jízdy, vzdálenosti vozidel jedoucích proti, nebo i ve směru jízdy tak, aby nikoho neoslňoval a zároveň poskytoval nejlepší možné osvětlení vozovky. Díky lepšímu osvětlení silnice a blízkého okolí, řidič dříve rozpozná nebezpečí a předejde nehodě. Denní světla technologie LED významně zvyšují bezpečnost, protože mají vyšší jas a světlost oproti vláknovým žárovkám, a tím zvyšují viditelnost vozu pro ostatní řidiče.

Asistent jízdy v pruhu

Systém pomocí kamer umístěných v čelní části vozidla hlídá přejetí bílé čáry, pokud není rozsvícené směrové světlo, asistent situaci vyhodnotí jako chybu řidiče a varuje řidiče před nechtěným vyjetím z pruhu vibracemi do volantu.

Asistent hlídání mrtvého úhlu

Asistent využívá radaru k sledování mrtvých úhlů nalevo a napravo od vozidla dále po straně a zezadu a to od rychlosti 30 až do 250 km/h.

Pokud systém vyhodnotí vozidlo v mrtvém úhlu, rozsvítí se v příslušném vnějším bočním zrcátku výstražný trojúhelník. Pokud řidič nezaregistruje výstrahu v zrcátku a začne

přejíždět do jiného pruhu, zasáhne systém ESP, která pomocí přibrzdění protější strany kol vyvolá otáčivý moment a vozidlo se vrátí zpět do pruhu. Nehledě na natočení volantu.

Brzdový asistent Brake Assist (BAS)

Brzdový asistent rozpozná nouzové brzdění podle rychlosti sešlápnutí a automaticky navýší brzdovou sílu na maximum. Navýšením brzdové síly dojde k maximálnímu brzdnému zpomalení, a tím ke zkrácení brzdné dráhy a zvýšení bezpečnosti.

Regulace odstupu DISTRONIC PLUS

Tento systém využívá radar pro zjištění aktuální vzdálenosti od předchozího vozidla a udržuje od něj bezpečnou vzdálenost při brzdění i zrychlování. Při překročení kritické vzdálenosti od vozidla vpředu systém automaticky začne brzdit vozidlo tak, aby nedošlo ke střetu.

Brzdy PRE – SAFE

Brzdy PRE-SAFE jsou uvedeny v činnost, pokud radar doplněn kamerou předá kritická data o vzdálenosti objektů před vozidlem, řídicí jednotce. Ta vyšle signál k brzdění. Sled činnosti tohoto systému je následující, senzory zjistí nebezpečnou situaci, řidič je upozorněn akustickým i vizuálním signálem. Pokud řidič nezačne brzdit je vydáno druhé varování a vozidlo začne samo brzdit. V naléhavých situacích může systém provést nouzové zastavení vozidla.

Systém PRE – SAFE

Bezpečnostní systém aktivuje preventivní opatření, které napomůže zamezení dopravní nehody nebo poskytne včasnou ochranu cestujícím uvnitř vozidla. Systém je propojen s brzdovým asistentem BAS a elektronickým stabilizačním programem ESP. Systém ESP poskytuje data od senzorů pro vyhodnocení potenciální nehodové situace řídicí jednotkou. [15]

8 Mechanika a dynamika kolize vozidla

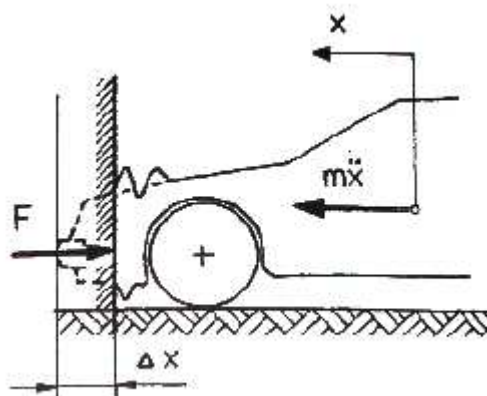
Pro úplné pochopení problematiky a významu prvků pasivní bezpečnosti výše popsanych je důležité vysvětlit, k čemu dochází při dopravních nehodách a jak tyto jevy souvisí s bezpečností automobilů.

8.1 Čelní náraz vozidla na pevnou překážku

Čelní náraz vozidla je vůbec nejčastějším typem nárazu automobilů. Tento typ nárazu je dostatečný k uvedení do problematiky, a proto se dalšími druhy nárazů práce nezabývá. Na čelní náraz je vozidlo nejlépe „připraveno“ z hlediska deformační tuhosti. Často se pro samotné zjištění charakteru pevnosti karoserie vozidla využívá počítačová simulace. Zde se uvažuje překážka ideálně tuhá a nedeformovatelná, u automobilu se vychází z plně plastické deformace. Proto se počítá koeficient restituace ε , který konverguje k nule. [5] Na

obr. č. 23 je zobrazena deformační dráha automobilu a deformační síla při nárazu na stěnu

$$\varepsilon = \left| \frac{v}{v_0} \right| \quad v_0 - \text{rychlost nárazu, } v - \text{rychlost vozidla po nárazu}$$



Obr. č. 23 – Znázornění deformace automobilu narážejícího na stěnu [5]

Pohybová energie se díky plně plastickému rázu přemění na deformační práci.

$$E_p = \frac{1}{2} m v_0^2 = \int_0^{\Delta x_{\max}} F(\Delta x, \Delta v) dx$$

Δx je okamžité stlačení přídě vozidla [m], Δv značí změnu rychlosti [m/s], Δx_{\max} udává největší stlačení přídě vozidla po zastavení [m].

$$m\ddot{x} + F = 0$$

Je pohybovou rovnicí vozidla od chvíle nárazu na stěnu.

Rozlišujeme tři základní typy průběhů deformační síly

$F = \text{konstantní}$

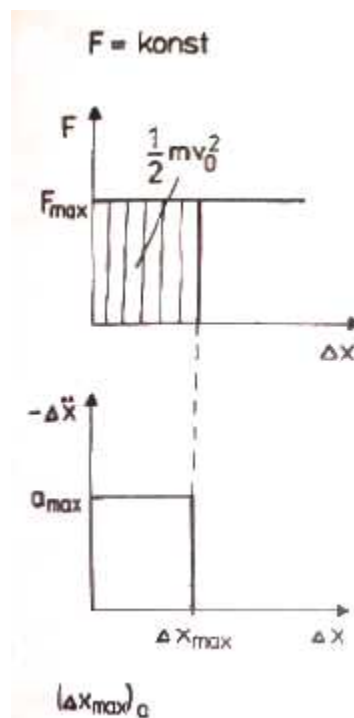
$F = c \cdot \Delta x$ (deformační síla lineárně závisí na stlačení, c konstanta tuhosti přídě)

$F = k \cdot \Delta v$ (deformační síla lineárně závisí na rychlosti stlačení, k součinitel tlumení přídě)

[5]

Konstantní charakteristika deformace

Při reálných kolizích se tato charakteristika téměř nevyskytuje, pro celistvé uvedení do problematiky je ovšem nezbytné popsat druhy deformací, které mohou nastat. Konstantní deformace je znázorněna na obr. č. 24



Obr. č. 24 – Charakteristika konstantní deformace přídě vozidla [5]

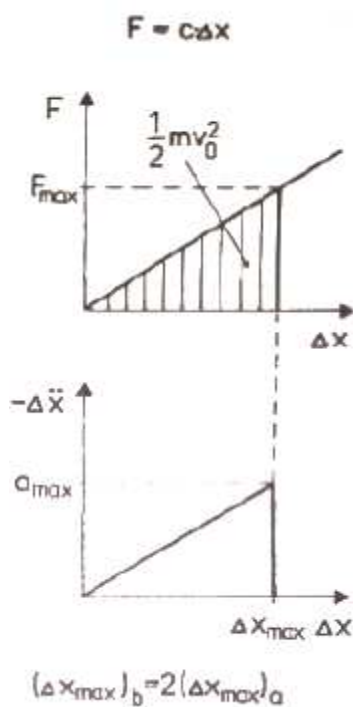
Rovnice energetické rovnováhy

$$\Delta x_{\max} = \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{a_{\max}}$$

Δx_{\max} – maximální dráha deformace [m], v_0 – rychlost vozidla v okamžiku nárazu [m/s], F – deformační síla [N], m – hmotnost kolidujícího objektu [kg], a_{\max} značí maximální dovolené zpždění vozidla (biomechanika stanovuje hodnotu nejvýše na 300m/s^2) [4]

Charakteristika závislá na tuhosti karoserie

Deformace je závislá na tuhosti c karoserie. Obr. č. 25 ukazuje lineární závislost působící síly na deformaci.



Obr. č. 25 – Deformační síla přímo úměrná k stlačení přídě [5]

Rovnice energetické rovnováhy $\frac{1}{2}mv^2 = \int_0^{\Delta x_{\max}} c \cdot \Delta x \, dx$

$\frac{m}{c}$ – vlastní frekvence

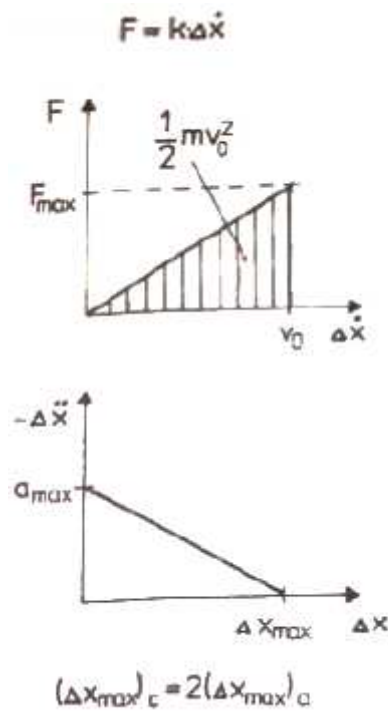
$$\Delta x_{\max} = v_0 \cdot \sqrt{\frac{m}{c}}$$

Charakteristika lineární závislosti deformace na rychlosti deformace

$$F = k \cdot \Delta \dot{x}$$

k – koeficient útlumu [Ns/m], $\Delta \dot{x}$ – deformační rychlost [m/s²]

Struktura karoserie je navržena tak, aby vykazovala hysterezi.



Obr. č. 26 – Deformační síla přímo úměrná rychlosti k stlačení přídě [5]

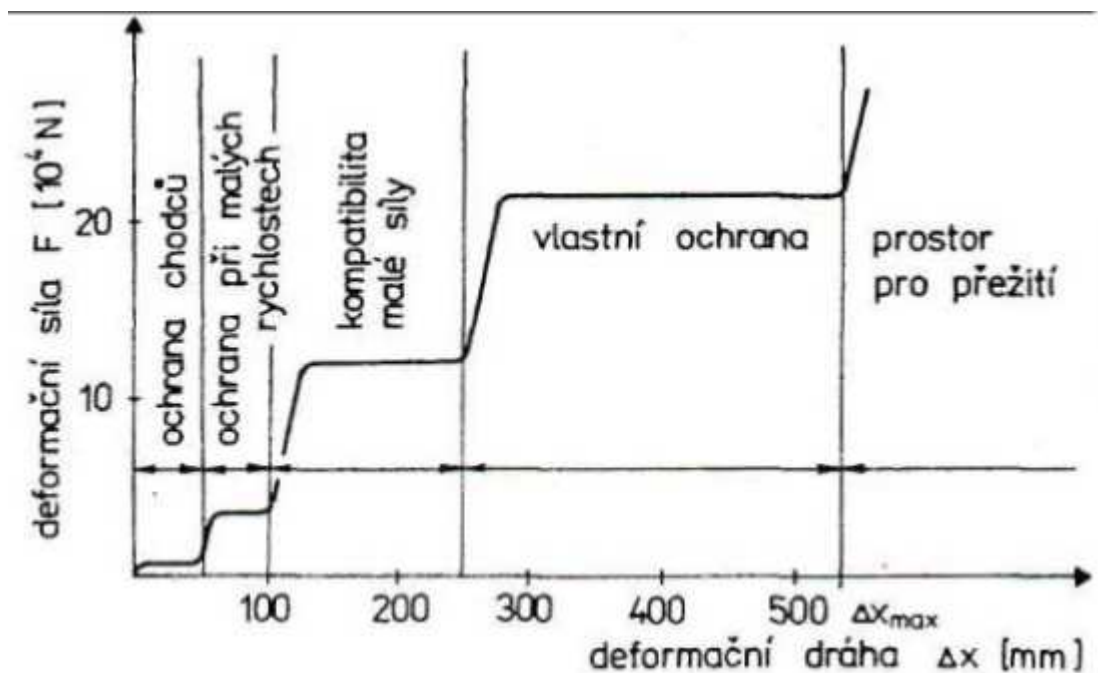
$$\Delta x_{\max} = \frac{v_0^2}{a_{\max}}$$

Pohybová rovnice $m \cdot \Delta \ddot{x} + k \Delta \dot{x} = 0$

$\Delta \ddot{x}$ – zrychlení deformace, $\Delta \dot{x}$ – deformační rychlost [5]

8.2 Zóny deformací automobilu pro jednotlivé druhy kolizí

Přídě vozidla je z deformačního hlediska konstruována tak, aby poskytla co největší ochranu při sražení chodce, kolizi při zastavení (do 30km/h), kolizi v nízkých rychlostech, kolizi v mimoměstských rychlostech a zajistila nezbytný prostor pro přežití posádky automobilu. Na obr. č. 27 je znázorněna stupňovitá křivka závislosti dráhy deformace na deformační síle. [5]



Obr. č. 27 – Progresivní křivka deformace přídě automobilu [20]

9 Návrh prvku integrované bezpečnosti se zaměřením na kolize s chodci

V současnosti automobilky pomalu upouštějí od složitých konstrukčních řešení, které by ochránily chodce při střetu a snaží se vyvinout systém, který střetu zabrání. Podle výsledků, stávající produkce vozidel nejlépe vybavených bezpečnostními prvky i funkcemi, lze prohlásit, že zabránit střetu s chodcem při městských rychlostech za všech povětrnostních podmínek nelze. Je však možné, že s postupem pokroku v technologiích se podaří dosáhnout tohoto vysokého cíle. Než se podaří vyvinout takto efektivní systém, tak je prostor pro jednoduché a efektivní řešení pro zvýšení bezpečnosti chodců při střetu.

První řešení, z hlediska konstrukce vozidel nejjednodušší je zavést mnohem důslednější výuku na předvídání nebezpečí a chování chodce ve městech v autoškolách. Na základních školách taktéž důrazně a důsledně probrat a každý rok opakovat bezpečné chování chodce při přecházení vozovky.

Druhé řešení je navrhnout bezpečnostní prvek, který by chodce zachytil. Tuto možnost dále rozvedu a navrhnu možné řešení.

Při srážení chodce je problém zrychlení, díky kterému se srážená osoba ohýbá v kloubech a přizpůsobuje tvaru předě vozidla, následně dochází k nárazu trupu a hlavy do kapoty a nakonec k vymrštění chodce nad vozidlo a pádu na vozovku.

9.1 Požadavky na inteligentní systém ochrany chodců

Navržený inteligentní systém by měl „změkčit“ náraz chodce a tím eliminovat riziko těžkých zranění a následně zabránit sekundárnímu nárazu chodce o vozovku. K zjištění potřebných dat používá systém vlastní snímače a zároveň využívá data ze snímačů a senzorů stávajících asistentů, včetně jejich regulátorů. Ochranné prvky systému se po nárazu nemusí vyměňovat, jsou násobně použitelné.

9.2 Řízení a regulace inteligentních systémů

Ve vozidlech se v posledních dvaceti letech výrazně začalo používat elektronických prvků. Nejdříve se objevily v komfortní výbavě vozu, následně byly uplatněny pro řízení chodu motoru, se zvýšením nároků na emise, byly využity pro regulaci a snižování výfukových zplodin.

Nyní se dostávají do inteligentních systémů vozidel. Jestliže má vozidlo nahradit nebo zastoupit funkci řidiče v krizových situacích, nebo jim předejít, musí mít data o prostředí ve kterém se pohybuje a o vlastním pohybu. Na základě těchto dat se systém rozhoduje o zásahu do řízení. V následujícím odstavci vysvětlím řízení elektronických systémů.

Inteligentní systémy se vyznačují uzavřeným regulačním obvodem, tedy systém má veškeré data o své činnosti, jak vstupní parametry, tak výstupní, kterými si ověřuje dosažení vstupních požadavků. Veškeré data vyhodnocuje řídicí a regulační prvek (mikroprocesor) v řídicí jednotce. Signály jsou přenášeny po sdružených vodičích (canbus), kterými jsou propojeny veškeré elektronické zařízení (snímače, regulátory i akční členy). Aby byla zajištěna spolehlivost přenosu informace mezi prvky, je každý typ informace kódován jedinečným kódem v binární soustavě. Každý regulátor i akční člen „naslouchá“ všem kódům, ale jen kód jemu určený dekodér rozpozná a předá informaci do srozumitelné podoby danému prvku. Regulátor na základě příchozích dat posoudí dosažení zadaných podmínek a vydá nový signál řídicí jednotce pro dosažení ideálního stavu. Řídicí jednotka směřuje požadavek příslušnému akčnímu členu, který podle zadaného signálu upraví svou činnost. Změna stavu systému je zaznamenána snímači a celý proces probíhá dokola.

9.3 Inteligentní systém ochrany chodců - Sít' kapota (ISSK)

Při neodvratitelné situaci kolize systém řidiče nejdříve varuje, následně brzdí a před srážkou aktivuje bezpečnostní prvky. Záchytná síť slouží k zamezení sklouznutí chodce, po kolizi je vystřelena na chodce, kterého obejmě a sváže. Síť je vystřelena z oblasti přechodu kapoty a čelního skla. Kapotu tvoří dvě vrstvy, první je z ocelového plechu, zcela konvenční. Druhá je z kompozitního plastového materiálu, s proměnnou tuhostí. Tato druhá vrstva tvoří povrch kapoty, v případě neodvratitelného střetu se vyklopí vzhůru podél osy pantů umístěných v oblasti horní hrany nárazníku. Panty jsou ovládány pružinou, pokud je elektromagnetickým jisticím zámkem uvolněna bezpečnostní kapota. Vyklopením vzhůru vznikne stěna, která bezpečně zachytí tělo kolidujícího chodce, následně se částečně vlivem nárazu sklopí. Záchytná síť je aktivována pouze při rychlostech od 30 – 60 km/h, z důvodu velkého zrychlení zachycené osoby po zafixování na kapotě. Bezpečnostní kapota je aktivní od 30 – 80 km/h. Celý systém je aktivní od 30 – 100 km/h horní hranice rychlosti je stanovena s ohledem na možnou srážku chodce v extravilánu. Z hlediska četnosti kolizí s chodci mimo město se navrhovala tuhost bezpečnostní kapoty pro městské rychlosti.

9.3.1 Prvky systému

Prvky systému můžeme rozdělit podle funkce na snímače, regulátory, řídicí jednotku a akční členy. Jak bylo zmíněno v kapitole 7.1, mnoho prvků je využito z jiných systémů nebo asistentů.

Snímače se využívají k zjištění charakteru jízdy vozidla a prostoru, ve kterém se vozidlo pohybuje. Na základě těchto dat je možné vozidlo řídit v průběhu krizových situací.

Snímače pohybu vozidla

- Otáček kol (pro zjištění rychlosti, ze systému ABS)
- Úhel nastavení volantů (pro zjištění vyhnutí se chodci, ESP)
- Rychlost otáčení podél svislé osy (pro zjištění vhodné trasy při výhybném manévru, ESP)
- Rychlosti stlačení brzdového pedálu (pro zjištění nutnosti zásahu automatického brzdění, BAS)
- Příčného zrychlení (pro zjištění ztráty trakce při výhybném manévru, ESP)

Snímače okolí vozidla

- Radar (pro zjištění vzdálenosti, velikosti a rychlosti kolizního partnera, ACC)

- Infrakamera (pro zjištění povahy kolizního partnera živý/neživý, brzdy Pre - Safe)
- Teploty (pro zjištění klimatických podmínek spojených s adhezí mezi pneumatikou a vozovkou a pro referenční bod pro infrakameru, klimatizace)
- Vlhkosti (pro zjištění klimatických podmínek spojených s adhezí mezi pneumatikou a vozovkou, ISSK)
- Atmosférického tlaku (pro zjištění klimatických podmínek spojených s adhezí mezi pneumatikou a vozovkou, řízení chodu motoru)

Snímače kontroly systému

- Zavřené bezpečnostní kapoty
- Tlaku v nádobce hnacího média pro vystřelení sítě
- Volného navijáku sítě
- Obsazení sedadla

Regulátory porovnávají a dopočítávají nové hodnoty pro řízení systému. V ISSK jsou použity i regulátory jiných asistentů, které jsou doplněny softwarem pro činnost tohoto systému.

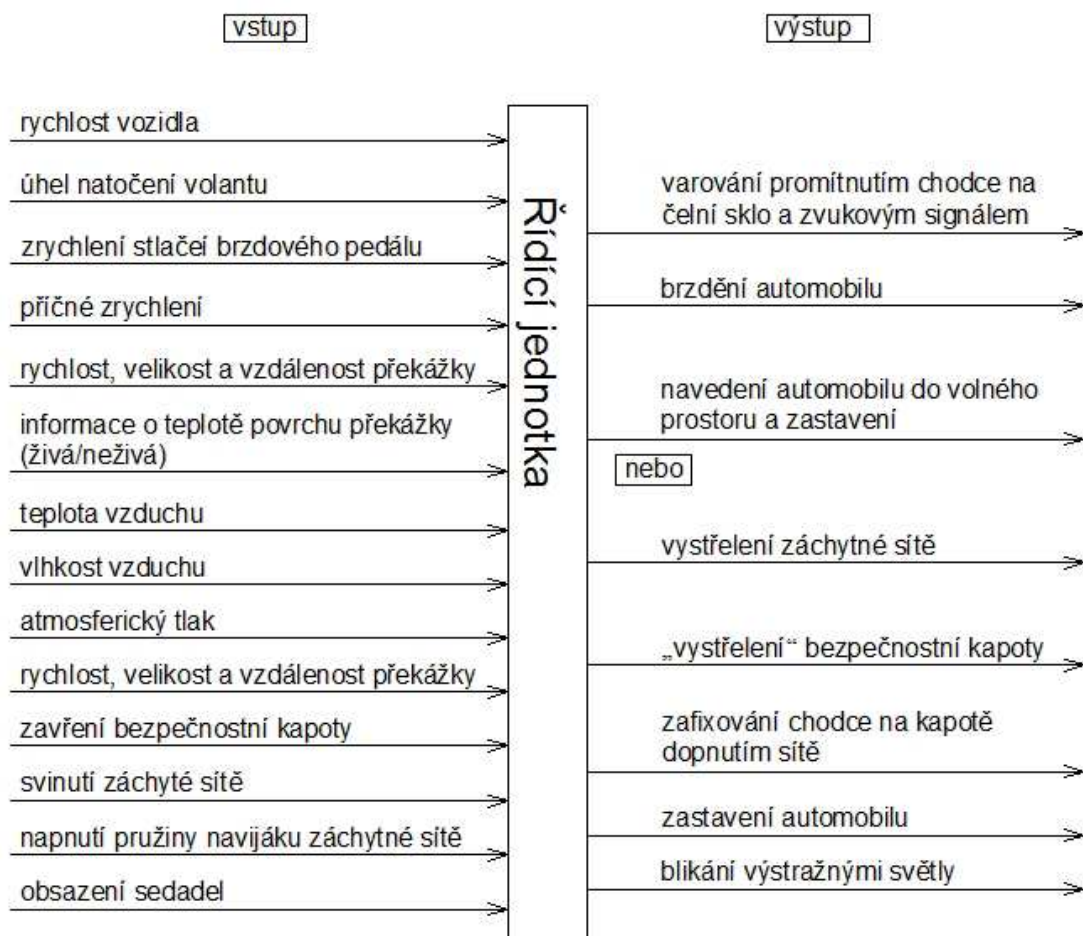
- Radaru (ACC)
- Infrakamery (ISSK)
- Snímačů klimatických podmínek (ISSK)
- Elektronické stabilizace vozidla.(ESP)

Řídící jednotka vykonává řídicí funkci na základě poskytnutých dat z regulátorů. Vydává povely ke všem stavům systému probíhajícím při neodvratitelném nehodovém ději. V navrženém systému je jedna sdružená řídicí jednotka.

Akční členy jsou prvky systému, které fyzicky vykonávají příslušnou činnost vedoucí ke zvýšení bezpečnosti chodce.

- Head – up display (pro varování řidiče o nebezpečné situaci na čelní sklo)
- Akustická signalizace (pro varování řidiče na nebezpečnou situaci, audio systém)
- Čerpadlo ABS (pro navýšení brzdového tlaku, již v okamžiku vyhodnocení nevyhnutelné srážky, BAS)
- Elektromagnetické ventily jednotky ABS (pro brzdění, případně ke změně směru jízdy za účelem vyhnutí se chodci, ABS)
- Elektromagnetický ventil nádoby s hnacím plynem (pro vystřelení sítě, ISSK)
- Elektromagnetický zámek bezpečnostní kapoty (pro vyklopení kapoty, ISSK)
- Elektromagnetický zámek bubnu sítě (pro navinutí lanka sítě a zajištění polohy chodce, ISSK)

Obr. č. 28 ukazuje možné chování systému na základě vstupů



Obr. č. 28 – Chování systému ISSK

9.3.2 Průběh činnosti navrženého inteligentního systému

Vozidlo se pohybuje vpřed rychlostí vyšší jak 30 km/h. Ze snímačů klimatických podmínek přichází vyhodnocená data do řídicí jednotky, společně s nimi přichází vyhodnocená data ze snímačů ESP i radaru a infrakamery. Na základě dat o klimatických podmínkách, rychlosti vozidla a informacích z obsazení sedadel (z obsazených sedadel je počítáno s průměrným zatížením kufru zavazadly) řídicí jednotka vypočítá aktuální nejkratší brzdovou dráhu do zastavení. Na tuto vzdálenost je řidič upozorněn pomocí HUD na čelním okně. Radar a infrakamera snímají okolní prostor. Pokud zaregistrují objekt v předpokládaném prostoru průjezdu, který nestihne vyklidit průjezdný prostor v čas, je řidič informován head – up displayem. Pokud řidič nereaguje, je varování zdůrazněno zvukovým signálem. V okamžiku, kdy se vozidlo nachází na nejkratší brzdové vzdálenosti, uvede se v činnost brzdová soustava s maximálním brzdným zpomalením pro aktuální povětrnostní podmínky. Na vzdálenost 60 m je bezpečně identifikována osoba nebo zvíře. Jedná-li se o zvíře, je deaktivována záchytná síť. Při situaci, kdy není možné zabrzdít před objektem rozpoznaným jako osoba nebo zvíře, uvedou se v činnost brzdy, které navedou vozidlo do volného prostoru, nehledě na nevhodné stočení volantů. Pokud není možný výhybný manévr a hrozí kolize, je vystřelena záchytná síť ve vzdálenosti 3m od osoby. Následně je uvolněn elektromagnetický zámek a připravena bezpečnostní kapota. Osoba je svázána sítí. Osoba naráží na bezpečnostní kapotu a deformuje ji. S ohybem pantů je dopnuta bezpečnostní síť. Chodec je zachycen, vozidlo brzdí. Jsou aktivována výstražná světla.

10 Závěr

Přes veškerou snahu výrobců vozidel může dojít ke kolizi automobilu s chodcem. Při dnešním množství vozidel pohybujících se po městech je pravděpodobnost případného střetu s chodcem relativně vysoká. Při současném demografickém vývoji se dá s jistotou říci, že populace obyvatel v ČR bude stárnout. S tím souvisí horší zrak i pomalejší reakční schopnosti. Proto je vhodné se zabývat prvky ochrany osob při sražení. Současně s tím je třeba dostatečně rozšířit povědomí o správném chování chodců při přecházení komunikací nebo chůzi po ní i s možnými zdravotními následky po srážce. Taktéž se více zaměřit na důrazné vštěpování defenzivního řízení automobilů a zdravotních následků sraženého chodce v autoškole. Vhodnou součástí řešení problému je usnadnit chodcům přecházení komunikací s vysokou intenzitou provozu mimoúrovňově.

Cíl práce byl analyzovat současně prvky pasivní bezpečnosti a navrhnout systém ochrany chodců při jejich srážení automobilem. K dosažení cíle bylo nutno nejdříve vysvětlit druhy bezpečností automobilu. Následně uvést rešerši aktuálně známých nebo používaných řešení bezpečnosti automobilů. Důležitým bodem bylo vysvětlení mechaniky a dynamiky kolizí vozidla z důvodu pochopení prvků pasivní bezpečnosti. V samostatné části byl popsán návrh vlastního inteligentního systému ochrany chodců. Důraz byl kladen na reálnost celého systému z hlediska výroby a schopnost poskytnout dostatečnou ochranu chodci, kterému se tak výrazně zvyšuje šance na přežití při sražení.

Samostatná část bakalářské práce poskytuje možný směr řešení ochrany chodců zejména při městských rychlostech automobilů. V těchto rychlostech je ještě reálné chodce ochránit při stávajícím technickém poznání.

Pro zpracování vývojových diagramů byl využit program Autodesk AutoCAD 2010 veškerý text byl vytvořen pomocí programu MS Word.

Věřím, že získané poznatky při tvorbě bakalářské práce a navržená řešení využiji ve své budoucí práci.

11 Použité zdroje

- [1] MRÁZEK, Jan. *Vliv prvku pasivní bezpečnosti vozidel při kolizích s chodci*. [online]. Brno: VUT 2010. Diplomová práce. VUT – Ústav soudního inženýrství. [vid. 2015. 5. 1.]. Dostupné z WWW: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=41247
- [2] FIRST, Jiří. *Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry*. Praha: S&T CZ, 2008. 348 s. ISBN 978-80-254-1805-5.
- [3] Jiří Čech. Pasivní bezpečnost. Jaromír studený. *Rozhlas.cz* [online]. 30. 9. 2005. [cit. 2015. 5. 5.] Dostupné z WWW: <http://www.rozhlas.cz/vedaarchiv/portal/zprava/192738>
- [4] IPSEK, Michal. *Integrovaná bezpečnost silničních motorových vozidel*. Praha: 2011. [2015. 5. 5.]. Bakalářská práce. ČVUT Fakulta dopravní
- [5] VLK, František. *Karoserie motorových vozidel: Ergonomika. Biomechanika. Struktura. Pasivní bezpečnost. Kolize. Materiály*. 1. vyd. Brno Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2000. 499 s. ISBN 80-238-8757-2
- [6] JAMRICHOVÁ, Zuzana. *Bezpečnost automobilov: Airbagy*. Trenčianská univerzita Alexandra Dubčeka. 2000, 5, s. 1-20.
- [7] *Opel Play Safe* [online]. The highest safety of passengers. [vid. 2015-04-29]. Last updated: June 26, 2012 Dostupné z WWW: <http://www.opel.com>
- [8] RNDr. Jan Tecl. Zkušenosti z USA. Ing. Ondřej Valach. Observatoř bezpečnosti silničního provozu [online]. 2007-03-07, c2008 – 2015 [vid. 2015-05 08]. Dostupné z: <http://www.czrso.cz/clanky/zkusenosti-z-usa/>
- [9] WANG, Jenne-Tai. *Bumper energy absorber*. United States Patent [online]. 1999, [vid. 2015-05-12]. Dostupné z WWW: <http://www.freepatentsonline.com/5967573.pdf>
- [10] KERKELING, Christoph. *Structural hood and hinge concepts for pedestrian protection*. GM Europe – Adam OPEL AG. [online]. 2010, [vid. 2015-05-16]. Dostupné z WWW: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv19/05-0304-W.pdf>.

- [11] Fareastgizmos. Fareastgizmos.com [online]. c2014 [vid. 2015-07-06] Car with hood and grill airbags for pedestrian protection. Dostupné z WWW: http://fareastgizmos.com/transport/cars_with_hood_and_grill_airbags_for_pedestrian_protection.php
- [12] David Bureš. Volvo předvádí airbag pro chodce. Mirek Novák. Auto.cz [online]. 2012-03-11 [vid. 2015-07-06] Dostupné z WWW: <http://www.auto.cz/volvo-predvadi-airbag-pro-chodce-video-65536>
- [13] SALMON, John. *Pedestrian protection automotive hood hinge assembly*. United States patent. [online]. 2010 [vid. 2015-07-14]. Dostupné z WWW: <http://www.freepatentsonline.com/7506716.pdf>
- [14] SVOBODA, Jiří. *Pedestrian protection – influence of bonnet design*. [online]. Czech Technical University in Prague, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Automotive and Aerospace Engineering, 2005 [vid. 2015-07-08]. Dostupné z WWW http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2005/2005_123.pdf
- [15] Mercedes – Benz – bezpečnost sedanu třídy E. *Mercedes – Moravia* [online]. c2015 [vid. 2015-07-06]. Dostupné z WWW: <http://www.mercedes-moravia.cz/e/Bezpecnost.php>.
- [16] PUPPINI, Roberto. *Advanced protection systems for pedestrians: Aprosys final event*. [online]. 2009 [cit. 2015-07-08]. Dostupné z WWW <http://www.aprosys.com/img/19.pdf>
- [17] SAIDL, Jan. Aktivní opěrka hlavy. Bronislav Mocek. Autolexikon.net. [online]. 2011/03/30 [vid. 2015-07-06]. Dostupné z WWW: <http://www.autolexikon.net/cs/articles/aktivni-operka-hlavy>
- [18] NECK-PRO. *Mercedes 500SEC.com* [online] 2015/05/03 [vid. 2015-07-06]. Dostupné z WWW: <http://500sec.com/neck-pro-crash-responsive-head-restraints-standard-in-four-mercedes-model-series>.

- [19] Wiplash FAQ. *Whiplashprevention.org*. Whiplash Prevention Campaign [online].
c2010 [vid. 2015-07-09]. Dostupné z WWW:
<http://www.whiplashprevention.org/Employers/WhiplashMatters/Pages/FAQ.aspx>.
- [20] VLK, František. *Stavba motorových vozidel*. 2003. Brno : František VLK, 2003.
Ochrana chodců, s. 443-452. ISBN 80-238-8757-2.