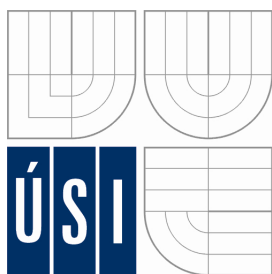


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ
INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

NORMATIVNÍ POŽADAVKY NA ČINNOST
ZÁDRŽNÝCH SYSTÉMŮ VOZIDEL
TITLE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. JONÁŠ KUČERA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. TOMÁŠ ROCHLA

BRNO 2010

Abstrakt

Tato práce pojednává o normativních požadavcích kladených na činnost zádržných systémů. Jsou zde uvedeny biomechanické limity lidského těla, zádržné systémy, popsán princip jejich činnosti, legislativa. Legislativa, zejména předpisy EHK a směrnice ES, určují normativní požadavky kladené na činnost zádržných systémů v souvislosti se schvalovacím procesem. V práci jsou detailněji řešeny zejména dva typy zádržných systémů: bezpečnostní pásy a airbasy. Dále jsou zde provedeny simulace nárazů za použití různých zádržných systémů a následně zhodnocen vliv používání zádržných systémů na snižování negativních jevů nehodových událostí.

Abstract

This diploma thesis deals with the normative requirements on the activities of restraint systems. It includes biomechanical limits of the human body, restraint systems, description of the principle of their action and legislation. Legislation, particularly regulations of ECE and EC directives defines the normative requirements on the activity of restraint systems in the context of the approval process. There are described two types of restraint systems: seat belts and airbags in details. There are created simulations of crashtests and reviewed influence of using restraint systems on elimination of negative phenomenon of car accidents.

Klíčová slova

Zádržné systémy, bezpečnostní pás, airbag, biomechanické limity, předpisy EHK, homologace

Keywords

Restraint systems, seat belt, airbag, biomechanical limits, regulations of ECE, homologation

Bibliografická citace (vzor)

KUČERA, J. *Normativní požadavky na činnost zádržných systémů vozidel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2010. 86 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Tomáš Rochla.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval/a samostatně a že jsem uvedl/a všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

podpis diplomanta

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Tomáši Rochlovi za odborné rady a věcné komentáře k mé práci. Dále bych chtěl poděkovat rodičům za jazykovou korekturu.

OBSAH

1	ÚVOD	15
1.1	Význam pasivní bezpečnosti	15
1.2	Význam užití zádržných systémů	17
1.3	Formulace normativních požadavků na činnost zádržných systémů.....	18
2	LEGISLATIVA	19
2.1	Předpisy evropské hospodářské komise	19
2.1.1	<i>Vznik a význam Evropské hospodářské komise</i>	<i>19</i>
2.1.2	<i>Dohoda o přijetí jednotných podmínek pro homologaci.....</i>	<i>19</i>
2.1.3	<i>Kontrola splnění normativních požadavků kladených v předpisech EHK</i>	<i>20</i>
2.2	Komunitární právo.....	21
2.3	Kompatibilita norem EHS a EHK	21
2.4	Mimoevropské normy	21
2.5	Česká legislativa.....	22
2.5.1	<i>Ukotvení předpisů a směrnic</i>	<i>22</i>
2.5.2	<i>Schvalování doplňkové výbavy</i>	<i>22</i>
3	BIOMECHANICKÉ LIMITY	23
3.1	Biomechanika jako věda.....	23
3.2	Biomechanické veličiny	24
3.3	Kritické hodnoty biomechanických veličin.....	26
3.4	Biomechanické veličiny v předpisech EHK.....	26
4	PROBLEMATIKA POUŽÍVÁNÍ ZÁDRŽNÝCH SYSTÉMŮ	29
4.1	Simulace nárazu na pevnou překážku	29
4.1.1	<i>Vstupní data.....</i>	<i>29</i>
4.1.2	<i>Vyhodnocení simulací nárazů na pevnou překážku.....</i>	<i>30</i>
4.2	Používání bezpečnostních pásů	34

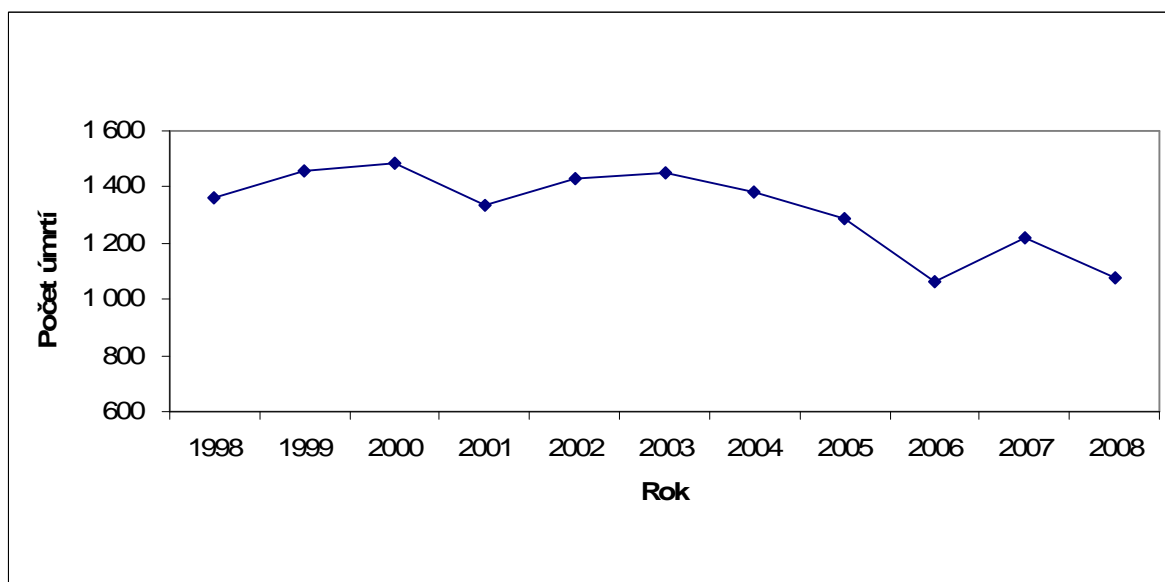
4.2.1	Účinnost bezpečnostních pásů	35
4.2.2	Používání bezpečnostních pásů v intravilánu a extravilánu.....	36
5	PASIVNÍ BEZPEČNOST	39
5.1	Zádržné systémy	39
5.2	Rozdělení zádržných systémů.....	42
5.3	Popruhové zádržné systémy.....	42
5.3.1	Bezpečnostní pásy obecně.....	42
5.3.2	Tříbodový bezpečnostní pás s navíječem	43
5.4	Bezpečnostní nafukovací vaky.....	54
5.4.1	Komponenty systému airbagu	56
5.4.2	Princip činnosti bezpečnostních nafukovacích vaků.....	60
5.4.3	Časový průběh aktivace airbagu pro řidiče a spolujezdce	61
5.4.4	Čelní bezpečnostní vaky.....	62
5.4.5	Boční bezpečnostní nafukovací vaky.....	62
5.4.6	Hlavový bezpečnostní nafukovací vak.....	62
5.5	Nafukovací bezpečnostní pásy.....	62
6	POSTUP PŘI SCHVALOVÁNÍ ZÁDRŽNÉHO SYSTÉMU PODLE PŘEDPISŮ EHK.....	65
6.1	Fáze 1 – Příprava technické dokumentace.....	65
6.2	Fáze 2 – Zkoušení vzorků zádržného systému	65
6.3	Fáze 3 – Podání žádosti o schválení zádržného systému.....	66
6.4	Fáze 4 – Samotná homologace	66
7	NORMATIVNÍ POŽADAVKY KLADENÉ NA ČINNOST BEZPEČNOSTNÍCH PÁSŮ.....	67
7.1	Předpis EHK č. 16.....	67
7.2	Schvalování bezpečnostních pásů.....	67
7.3	Konkrétní normativní požadavky kladené na činnost soupravy bezpečnostního pásu.....	68
8	NORMATIVNÍ POŽADAVKY KLADENÉ NA ČINNOST AIRBAGŮ	75
8.1	Předpis EHK č. 114.....	75

8.2	Schvalování bezpečnostních vaků.....	75
8.3	Normativní požadavky kladené na činnost soupravy airbagu.....	76
8.3.1	<i>Předpis EHK č. 94</i>	76
8.3.2	<i>Předpis EHK č. 95</i>	78
8.3.3	<i>Další normativní požadavky</i>	79
9	ZÁVĚR.....	81
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	85

1 ÚVOD

1.1 VÝZNAM PASIVNÍ BEZPEČNOSTI

Se zvyšující se životní úrovní se zvyšuje dostupnost vozidel. Vyrůstá počet vozidel pohybujících se v silničním provozu. Přes všechna pozitiva, která vozidla lidské společnosti přinášejí, nesmí být opomenuta také negativa. Jedním z největších negativ jsou nehodové události, jejichž následkem jsou hmotné škody, zranění a ztráty na životech. Nejen zvýšená hustota provozu na komunikacích zapříčiňuje vysoký počet nehodových událostí. Mezi další vlivy a příčiny patří například stav komunikací, povětrnostní podmínky, stav vozidel, neukázněnost a nepozornost řidičů, požití alkoholu nebo návykových látek před jízdou, mikrospánek apod.

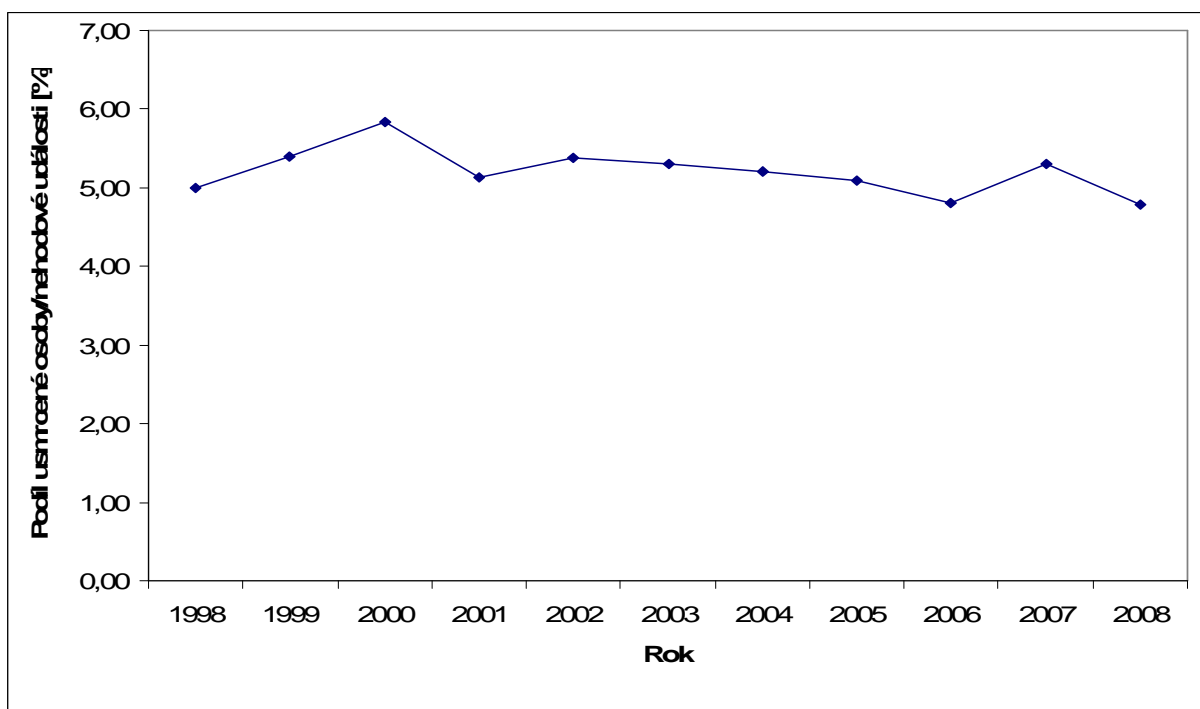


Graf č. 1 Vývoj počtu usmrcených osob při nehodových událostech v letech 1998-2008 v České republice (zdrojová data převzata z [1])

Z grafu č. 1 je patrné, že k největšímu poklesu počtu úmrtí při nehodových událostech došlo v roce 2006. V tomto roce vešly v platnost zákony o provozu na pozemních komunikacích č. 411/2005 Sb. a 226/2006 Sb., kterými byl novelizován zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů. Ten zavedl v ČR systém trestných bodů udělovaných za přestupky a zpřísnil postihy. Toto opatření mělo pozitivní vliv na řidiče, kteří se zalekli tvrdších sankcí a rizika odebrání řidičského průkazu a začali se chovat ukázněněji. Pokles počtu usmrcených osob při nehodových událostech však následující rok opět rostl.

Z opětovného nárůstu počtu osob usmrcených při nehodových událostech v roce 2006 lze usoudit, že i represivní opatření mají časově omezený účinek. Proto se i Česká republika, jako ostatní země Evropské unie v roce 2002 zavázala, že do roku 2010 sníží počet usmrcených osob na polovinu, tedy na 657 usmrcených osob za rok. Česká republika na základě tohoto závazku vypracovala Národní strategii bezpečnosti silničního provozu, jejímž cílem je snížit počet usmrcených osob v provozu na pozemních komunikacích. V souvislosti s touto strategií byla spuštěna i preventivní kampaň v médiích plná šokujících a drastických záběrů.

Hodnoty ukazatele počtu usmrcených při nehodových událostech z roku 2009 dle [2] ukazují na pokles tohoto ukazatele oproti hodnotám z roku 2008 v grafu č.2. Dle zdroje [2] by mohlo být v roce 2010 cíle snížit počet usmrcených na polovinu dosaženo. V prvním čtvrtletí roku 2010 bylo průměrně měsíčně usmrceno o 19 osob méně než v roce 2009. Pro dosažení cíle musí být v průměru usmrceno na pozemních komunikacích o 15 osob měsíčně méně oproti roku 2009.



Graf č. 2 Podíl usmrcených osob z celkového počtu nehodových událostí [%] (zdrojová data převzata z [1])

Z výše uvedených informací a grafu č.2 je zřejmé, že hodnoty počtu usmrcených osob při nehodových událostech, i přes jejich pokles v posledních dvou letech, jsou stále vysoké. Proto je třeba soustředit se na omezení negativních následků nehodových událostí, a to zejména na zdraví cestujících, což vyžaduje bezpodmínečně zdokonalení pasivní bezpečnosti.

Pasivní bezpečnost lze chápat jako soubor všech konstrukčních a výrobních opatření, která snižují negativní následky způsobené nehodovými událostmi.

1.2 VÝZNAM UŽITÍ ZÁDRŽNÝCH SYSTÉMŮ

Zádržný systém lze obecně chápat jako systém, který slouží ke snížení rizika poranění uživatele v případě náhlého snížení rychlosti vozidla omezením dopředného pohybu uživatele.

Nová vozidla jsou z pohledu pasivní bezpečnosti mnohem propracovanější, a tím lépe chrání cestující před zraněním nebo usmrcením při nehodové události.

V posledních deseti letech došlo k rozsáhlejší aplikaci zádržných systémů zvyšující pasivní bezpečnost vozu. Zádržné systémy jako předpínače bezpečnostních pásů a bezpečnostní vaky se staly standardní součástí výbavy vozidel a v poslední době i běžnou součástí výbavy v kategorii menších a levnějších vozidel. Pasivní bezpečnost vozidla se stala velice důležitým parametrem a hraje čím dál větší roli při hodnocení a výběru vozidla. Proto se i výrobci automobilů snaží vyvinout dokonalejší a účinnější zádržné systémy.

Vybavení vozidla zádržnými systémy do značné míry rozhoduje o rozsahu zranění cestujících a jejich přežití nebo smrti při nehodě. Je prokázáno, že zádržné systémy v kontextu komplexně pojaté bezpečnosti vozidla zachraňují lidské životy.

Při vážném zranění nebo usmrcení dojde nejen k sociálním, ale také k velkým ekonomickým ztrátám pro společnost. Podle Centra dopravního výzkumu byla v roce 2009 celková výše ztrát z dopravní nehodovosti 37,48 mld. Kč. Oproti roku 2008 došlo k poklesu výše ztrát z dopravní nehodovosti. Jednalo se především o snížení ztrát u dopravních nehod s pouze hmotnou škodou. Důvodem bylo od 1. 1. 2009 zvýšení hranice ohlašovací povinnosti dopravních nehod z 50 000,- Kč na 100 000,- Kč. Z tohoto důvodu došlo i ke snížení celkových evidovaných ztrát z dopravní nehodovosti.

Nejen z výše uvedených důvodů musí být kladen důraz na správnou a efektivní činnost zádržných systémů při optimálním respektování biomechanických limitů lidského těla. Proto byly požadavky na činnost zádržných systémů formulovány i legislativně. Každý výrobce je povinen stanovené legislativní požadavky na zádržné systémy uplatnit. Jejich dodržení se prokazuje při schvalovacím procesu.

1.3 FORMULACE NORMATIVNÍCH POŽADAVKŮ NA ČINNOST ZÁDRŽNÝCH SYSTÉMŮ

Oblast pasivní bezpečnosti zahrnuje nespočetné množství prvků, které jsou schopny ji negativně i pozitivně ovlivnit – od deformačních zón karoserie až po rozložení ovladačů a proudění vzduchu v interiéru, které podléhají neustálému vývoji. Tato diplomová práce se zabývá pouze jedním prvkem pasivní bezpečnosti, a to zádržnými systémy.

Normativní požadavky na činnost zádržných systémů jsou formulovány zejména v předpisech Evropské hospodářské komise (dále EHK) a směrnicích Evropského společenství (dále jen ES). V předpisech EHK a směrnicích ES však nejsou tyto požadavky uceleně zpracovány. Každý předpis EHK obsahuje pouze určité fragmenty z normativních požadavků na činnost zádržných systémů v souvislosti s biofyzikálními limity. V této diplomové práci jsou normativní požadavky na činnost zádržných systémů uceleně zpracovány v kontextu se schvalovacím procesem a biofyzikálními limity lidského těla.

Základem pro proniknutí do problematiky normativních požadavků na činnost zádržných systémů je poznání běžně používaných zádržných systémů a principů jejich činnosti, prostudování platné mezinárodní a národní legislativy kladoucí požadavky na činnost a vytýčení jejich působnosti, schvalování zádržných systémů a určení příslušných biofyzikálních limitů z mezinárodních norem a naučné literatury.

V souvislosti s používáním zádržných systémů v reálném životě byly vytvořeny simulace nárazů za použití různých zádržných systémů a jejich kombinací. Do diplomové práce jsou umístěny jejich výstupy s komentářem jejich vlivu na vzniklá poranění. V práci je v této souvislosti provedena analýza používání bezpečnostních pásů a jejich vlivu na bezpečnost silničního provozu.

U každého konkrétního typu zádržného systému je uvedena definice dle příslušné normy EHK, popsán princip jeho činnosti, vliv na pasivní bezpečnost a rámcově zmíněny aktivační podmínky. V dalších kapitolách diplomové práce je popsán postup schvalování zádržného systému v praxi a jsou zde zpracovány normativní požadavky, které jsou na něj v souvislosti se zkouškami při tomto legislativním procesu kladeny. Následuje shrnutí a vyhodnocení všech zmíněných faktorů.

2 LEGISLATIVA

2.1 PŘEDPISY EVROPSKÉ HOSPODÁŘSKÉ KOMISE

Normativní požadavky na činnost zádržných systémů jsou kladeny zejména v předpisech Evropské hospodářské komise (anglicky *United Nations Economic Commission for Europe*, používaná zkratka **UNECE** či **ECE**)

2.1.1 Vznik a význam Evropské hospodářské komise

Dle zdrojů [3] a [4] byla EHK založena v roce 1947 ekonomickou a sociální radou OSN (Organizace spojených národů). Jde o jednu z pěti komisí OSN. Cílem EHK je podpořit panevropskou ekonomickou integraci. EHK za tímto účelem sdružuje 56 zemí evropské unie, jihovýchodní Evropy, Společenství nezávislých států a severní Ameriky. Všechny tyto země spolupracují na sektorových a ekonomických otázkách. Jednou ze zakládajících zemí bylo i Československo.

EHK má v rámci orgánů OSN významný vliv v oblasti tvorby pravidel pro dopravu, ochranu životního prostředí a mezinárodní obchod.

2.1.2 Dohoda o přijetí jednotných podmínek pro homologaci

Některé z členských států EHK uzavřely v Ženevě v roce 1957 „*Dohodu o přijetí jednotných podmínek pro homologaci a o vzájemném uznávání homologace, výstroje a součástí motorových vozidel*“ (dále jen Dohoda EHK). Tato dohoda stanovuje rámcové podmínky pro homologace výstrojí a součástí motorových vozidel. Konkrétní technické podmínky jsou řešeny v přílohách dohody formou předpisů. Dle [3] a [4] Československo přistoupilo k této dohodě v roce 1960 jako osmý stát.

V [26] je homologace definována jako: ověření vlastností určitého výrobku z hlediska přípustnosti jeho použití nebo také úřední souhlas s použitím.

Podepsáním této dohody se členský stát nezavazuje k dodržování předpisů, které jsou její přílohou. Rozhodne-li se stát konkrétní předpis užívat, vymáhat a dodržovat, musí ho notifikovat generálnímu tajemníkovi OSN. Homologace na základě notifikovaného předpisu musí uznávat všechny státy, které stejný předpis také notifikovaly.

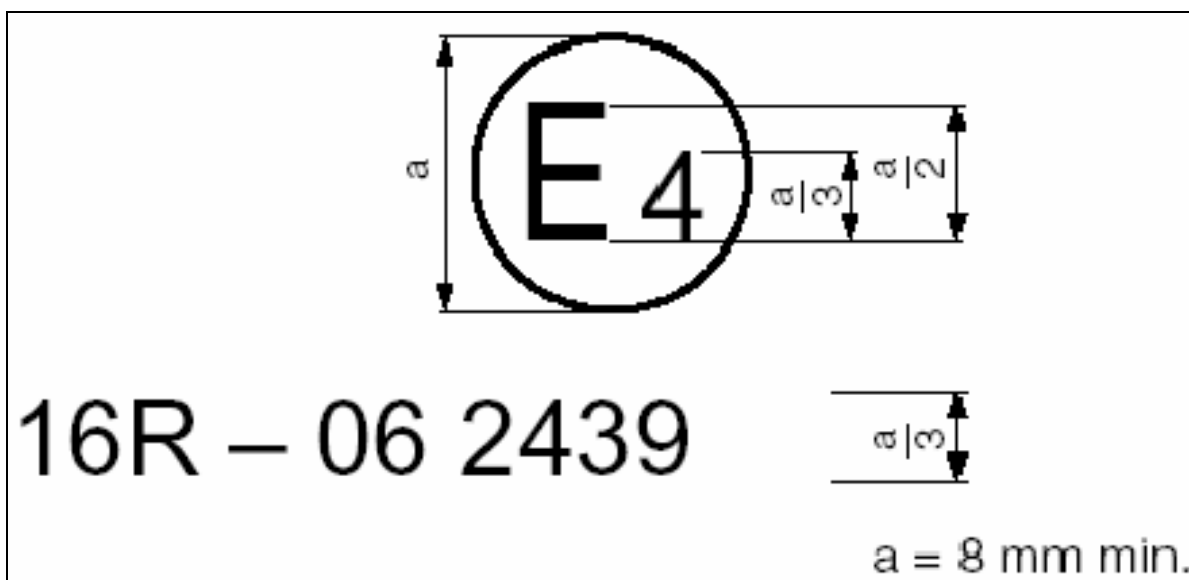
2.1.3 Kontrola splnění normativních požadavků kladených v předpisech EHK

Předpisy EHK obsahují kromě normativních požadavků na činnost zádržných systémů také podrobnou zkušební metodiku zahrnující zejména podmínky statických či dynamických destrukčních zkoušek na předepsaných zkušebních zařízeních.

Splnění normativních požadavků uvedených v předpisech EHK pro získání homologace se kontroluje zkouškami v mezinárodních akreditačních homologačních zkušebnách. V České republice je dle zdroje [3] pět autorizovaných mezinárodních homologačních zkušeben:

- Ústav pro výzkum motorových vozidel, Praha (ÚMVM)
- Ústav silniční a motorové dopravy, Praha (ÚSMD)
- Institut gumárenské technologie a testování (IGTT)
- Státní zkušebna zemědělských, potravinářských a lesnických strojů (SZZPLS)
- Elektrotechnický zkušební ústav (EZÚ)

Zkoušky mohou být prováděny na samotné konstrukční skupině nebo na celém vozidle. Pokud jsou výsledky zkoušky kladné, konstrukční skupina (např. zádržný systém) nebo celé vozidlo získá evropskou homologační značku.



Obr. č. 1 – Příklad evropské homologační značky (převzato z [5])

2.2 KOMUNITÁRNÍ PRÁVO

Dle definice [7] komunitární právo zahrnuje směrnice, nařízení a rozhodnutí přijatá na základě Smluv a další prameny práva, které tvoří dohromady primární právo Evropské unie a Společenství.

Dle [6] byly směrnice Evropského hospodářského společenství dříve označovány EHS (angl. Zkratka EEC). Po podepsání Maastrichtské smlouvy, v roce 1992 členskými státy Evropské unie, bylo označení směrnic změněno na ES (angl. zkratka EC), směrnice Evropského společenství.

Dle [6] v rámci států Evropské unie (dále EU) funguje analogický homologační systém jako mezi státy EHK. Na rozdíl od států EHK je používání směrnic odsouhlasených většinou států EU povinné pro všechny členské země EU. EU přistoupila k Dohodě EHK 24.3.1998 jako kolektivní člen. V členských státech EU jsou tedy předpisy EHK závazné.

2.3 KOMPATIBILITA NOREM EHS A EHK

Vzhledem k tomu, že EU přistoupila k Dohodě EHK jako kolektivní člen, jsou předpisy EHK kompatibilní s komunitárním právem. Mezi konkrétními předpisy by měla platit ekvivalence, proto bude nadále v této práci vycházeno zejména z předpisů EHK.

Tab. č. 1 – Ekvivalence vybraných předpisů EHK a směrnic ES

Předpis EHK č.16	Směrnice ES 77/541
Předpis EHK č. 94	Směrnice ES 96/79
Předpis EHK č. 95	Směrnice ES 96/27

V tab. č. 1 jsou uvedeny význačné předpisy z hlediska normativních požadavků na činnost zádržných systémů a jejich ekvivalentní směrnice ES.

2.4 MIMOEVROPSKÉ NORMY

Dle [3] jsou mimo evropské normy důležité pro rozvoj předpisů v oblasti konstrukce vozidel a bezpečnosti významné také normy a předpisy Spojených států amerických, které jsou označovány zkratkou FMVSS (= Federal Motor Vehicle Safety Standard). FMVSS se staly v mnoha případech impulsem pro vypracování předpisů EHK.

2.5 ČESKÁ LEGISLATIVA

2.5.1 Ukotvení předpisů a směrnic

Dodržování notifikovaných předpisů EHK, a tedy i konkrétní uplatňování pasivní bezpečnosti, je zakotveno v české legislativě pomocí vyhlášky č. 341/2002 Sb. O schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích, ve znění vyhlášky č. 100/2003Sb. a č. 197/2006 Sb. V příloze uvedené vyhlášky jsou odkazy na předpisy EHK. Dále jsou v ní v souvislosti se schvalováním a homologacemi uvedeny odkazy na předpisy EHK a směrnice EHS/ES. V případech, kdy se předpis EHK a příslušná směrnice EHS/ES vzájemně liší (požadavky, termíny aplikace apod.), platí příslušná směrnice EHS/ES, pokud schvalující orgán nerozhodl jinak.

V § 5 odstavce 1 je přímo uvedeno: „*Technická způsobilost typu systému vozidla, typu konstrukční části vozidla a typu samostatného technického celku vozidla určených pro vozidlo, u něhož se schvaluje technická způsobilost typu, se prokazuje osvědčením o homologaci typu pro uvedené typy podle předpisů EHK nebo směrnic EHS/ES nebo osvědčením o schválení uvedených typů podle technických příloh předpisů EHK nebo směrnic EHS/ES. U vozidel kategorií M, N, O, L a T se ke splnění ustanovení tohoto odstavce použijí předpisy EHK a směrnice EHS/ES uvedené v přílohách č. 1, 2 a 3 podle případu. Pro tyto předpisy a směrnice platí ustanovení § 2 odst. 2 písm. c) a d).*“

2.5.2 Schvalování doplňkové výbavy

Schválenou technickou způsobilost musí mít také tzv. doplňková výbava. Doplňková výbava je dle [8] definována jako technický celek, ústrojí nebo díl vozidla, kterým je vozidlo opatřeno nad rámec schváleného typu a provedení a jehož použití na vozidle není povinně předepsáno mezinárodními předpisy nebo vyhláškou, a které při provozu vozidla ovlivňuje jeho aktivní a pasivní bezpečnost a životní prostředí a nebo bezpečnost jiných účastníků silničního provozu přímo v provozu. Z této definice je patrné, že zádržné systémy nejsou doplňkovou výbavou. Doplňková výbava však může ovlivnit pasivní bezpečnost. Schvalování doplňkové výbavy a výše uvedené definice jsou popsány v Příloze 15 k vyhlášce č. 341/2002Sb.

3 BIOMECHANICKÉ LIMITY

Při vývoji zádržných systémů jsou jedním z výchozích kritérií biomechanické limity lidského těla. Zádržné systémy musí pracovat tak, aby nedošlo k poranění lidského těla v důsledku překročení mezních hodnot biomechanických limitů. Jsou známy případy, kdy při těžkých nehodách nedošlo k viditelnému poškození těla cestujících. Cestující byli po nehodě při vědomí a nevykazovali známky zranění. Po několika hodinách však došlo k jejich úmrtí na vnitřní krvácení. V takovýchto případech byla překročena přípustná mez některého z biomechanických limitů lidského těla vlivem činnosti zádržných systémů při nehodovém ději.

3.1 BIOMECHANIKA JAKO VĚDA

Dle zdrojů [3] a [6] se věda zabývající se výzkumem v oblasti biomechanických limitů lidského těla nazývá biomechanika. Předmětem studia biomechanických limitů je mechanismus poranění a mechanická odolnost lidského těla.

Výzkumy v oblasti biomechaniky vycházejí z dynamických zkoušek (crashtestů) dle metodiky uvedené v [12] a [13], při kterých jsou používány figuríny vybavené senzory. Přesné parametry zkušebních figurín jsou popsány v předpisech a přílohách zdrojů [12], [13] a [5]. Senzory na figurínách při zkouškách sledují důležité fyzikální veličiny, zejména zrychlení a sílu při nárazu. Kromě senzorů se pro výzkum používají také vybrané části těl zvířat, např. kosti. Hodně nepostradatelných údajů o kritické pevnosti tkání, orgánů, jejich seskupení a mechanismu poranění poskytuje vědní obor dopravní a soudní lékařství. V souvislosti se vzniklými zraněními jsou zkoumány formy zatížení a faktory, které ovlivňují závažnost zranění. Na základě poznatků z výše uvedených bádání byla formulována nejdůležitější mechanická kritéria.

Formy dynamického zatížení lidského těla při nehodách:

- Rázy
- Vymrštění
- Zbrždění
- Zrychlení
- Komprese
- Švihy

Faktory, které jsou při dynamickém zatížení těla sledovány:

- Špičkové zpomalení a zrychlení
- Střední zrychlení
- Výsledné zrychlení
- Doba trvání zrychlení
- Změny hodnot zrychlení v závislosti na čase
- Lokalizace sil působících na tělo řidiče
- Rozdělení sil na ploše těla
- Závislost síly a dráhy
- Závislost síly a času
- Funkční charakteristika sil rezonancí organismu

Nejdůležitější mechanická kritéria:

- Maximální zatížení člověka při zpoždění
- Poranění hlavy s průměrnými a kritickými hodnotami pevnosti lebky a odolnosti mozku vůči poranění
- Poranění hrudníku a některých nitrohrudních orgánů
- Poranění vnitrobřišních orgánů
- Hraniční hodnoty pevnosti obratlů, páteře a pánve, rozsah kritické hodnoty pevnosti kostí pánve

3.2 BIOMECHANICKÉ VELIČINY

Problematika biomechanických limitů je řešena v [3], [6] a [11]. Meze biomechanických limitů, které je schopné lidské tělo vydržet bez poškození, se stanovují na základě poznatků získaných při analýze dopravních nehod a vědeckým výzkumem. Sledují se vybrané veličiny např. špičkové zrychlení hlavy HIC (head injury criterium) a zrychlení trupu v souvislosti se vzniklými zraněními. Při hodnocení zranění při nehodových událostech se používají stupnice závažnosti úrazu. Jednou ze stupnic závažnosti úrazu je AIS (= Abbreviated Injury Scale).

V následující tabulce je popsána stupnice závažnosti AIS pomocí příslušných hodnot zrychlení trupu v jednotkách g, zpoždění hlavy v jednotkách SI (= Severity index) a jim

odpovídající zranění. Za hranici přežití je považována hodnota $SI=1000$. Jednotka SI zohledňuje zpoždění a dobu působení podle vztahu ze zdroje [3]:

$$SI = \int_0^t a_r^{2.5} dt$$

$a_r [g]$ - výsledné zpoždění

$$a_r = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

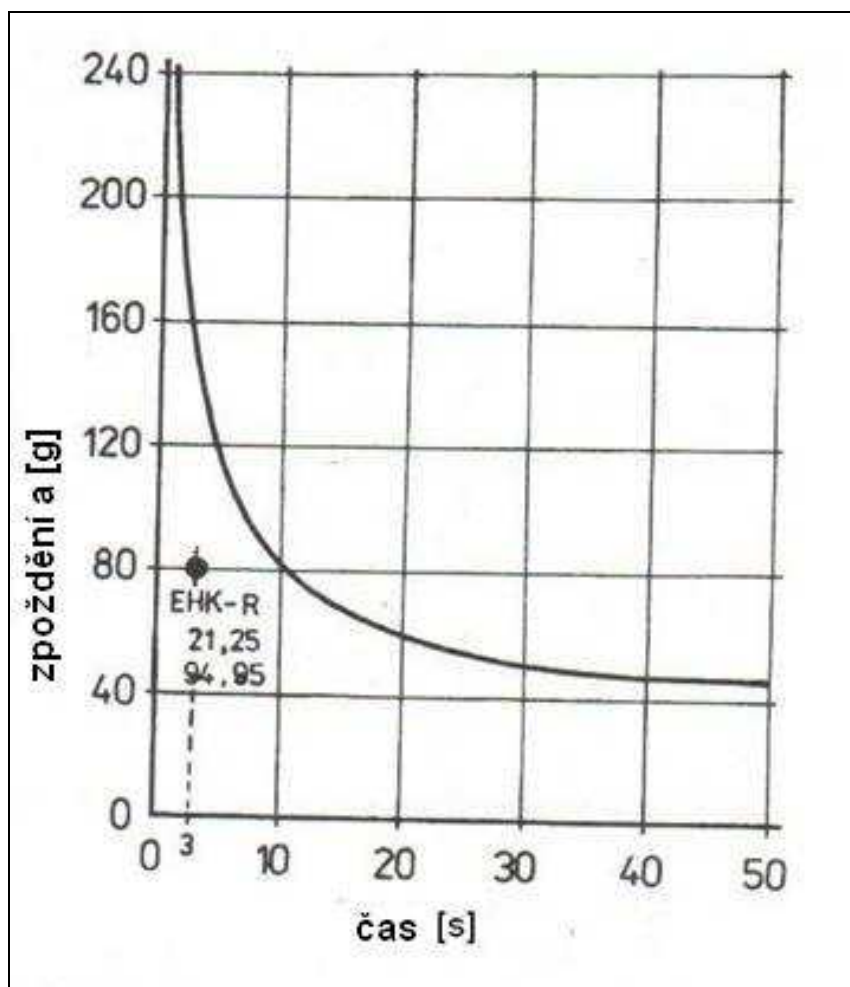
Zpoždění ve směrech souřadných os x , y , z jsou získávána měřeními při nárazových zkouškách pomocí čidel zrychlení umístěných na figurínách.

Tab. č. 2 Stupnice AIS s příklady zranění a dosahovaných mezí biomechanických limitů (převzato z [3])

AIS	Kategorie míry závažnosti	Zrychlení hlavy HIC	Zrychlení trupu	Zranění hlavy	Zranění trupu
1	Malá	135 až 519	17 až 37 g	Bolest hlavy, závratě	Jednoduché zlomení žebra
2	Mírná	520 až 899	38 až 54 g	Bezvědomí méně než 1 hodina, lineární prasklina	2 až 3 zlomeniny žeber, zlomenina hrudní kosti
3	Těžká (není životu nebezpečné)	900 až 1254	55 až 68 g	Bezvědomí od 1 do 6 hodin, větvená prasklina	4 nebo více zlomenin žeber, 2 až 3 zlomeniny s hemo- nebo pneu-motoraxem
4	Těžká (životu nebezpečné, přežití pravděpodobné)	1255 až 1574	69 až 79 g	Bezvědomí od 6 do 24 hodin, otevřená prasklina	Více než 4 zlomeniny s hemo- nebo pneu-motoraxem
5	Těžká (přežití nejisté)	1575 až 1859	80 až 90 g	Bezvědomí delší než 24 hodin, vznik hematomu	Natržení aorty (částečný příčný řez)
6	Maximální (smrtné úrazy)	nad 1860	Nad 90 g	Neslučitelné se životem	Neslučitelné se životem

3.3 KRITICKÉ HODNOTY BIOMECHANICKÝCH VELIČIN

Dle [3] a [6] při nehodových událostech dochází nejčastěji ke zranění hlavy. Zranění hlavy je také nejčastější příčinou úmrtí při dopravních nehodách. Kritické špičkové zrychlení lidské hlavy (mozku) bylo stanoveno ve výši 80g po dobu trvání 3 ms. Hodnota kritického špičkového zrychlení hlavy byla stanovena pomocí křivky WSU (= Wayne State University).

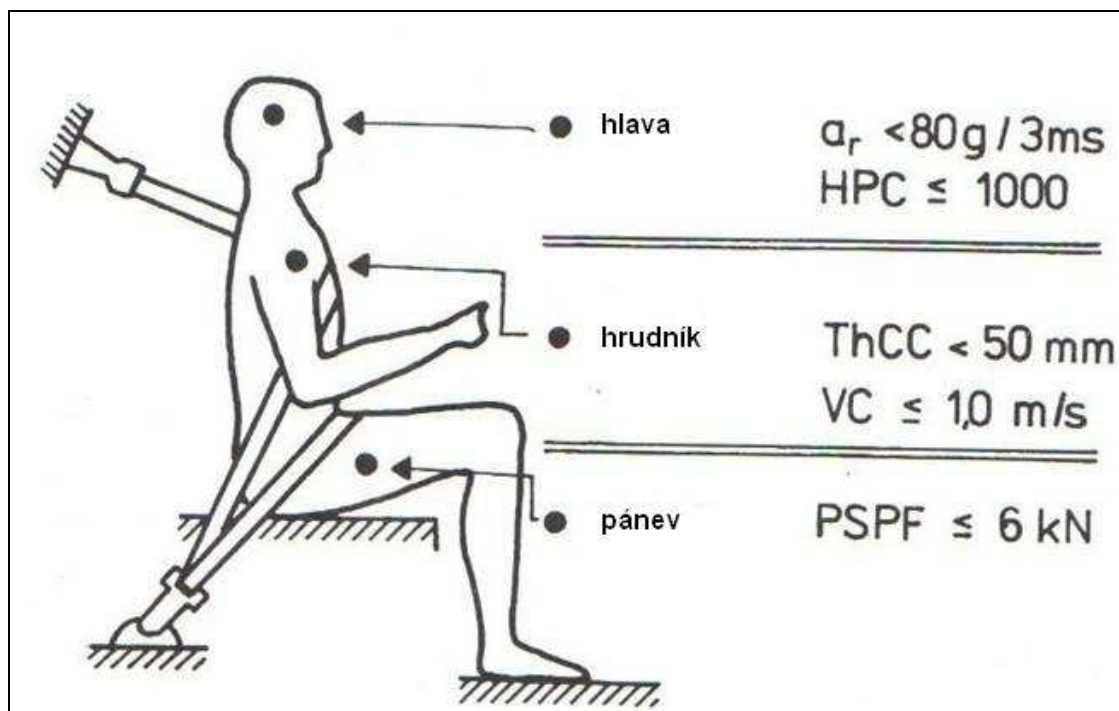


Obr. č. 2 – Snesitelnost zpoždění hlavy- křivka WSU (převzato z [3])

Z obr. č. 2 je patrné, že křivka WSU udává translační zpoždění hlavy v závislosti na době účinku zpoždění. Z průběhu křivky vyplývá, že kritická hodnota špičkového zpoždění hlavy s rostoucí dobou účinku působení zpoždění exponenciálně klesá.

3.4 BIOMECHANICKÉ VELIČINY V PŘEDPÍSECH EHK

Na obr. č. 3 jsou znázorněny vybrané biomechanické veličiny a jejich mezní hodnoty, které byly dle zdroje [3] a [6] zjištěny výzkumem. Vybrané biomechanické veličiny z Obr. č. 2 jsou definované v tab. č. 3.



Obr. č. 3 – Vybrané biomechanické limity (převzato z [6])

Na základě dat ze zdrojů [3] a [6] a předpisů EHK byla vytvořena tab. č. 3. V tab. č. 2. jsou uvedena důležitá biomechanická kritéria (veličiny), jejich zkratky, mezní hodnoty, ukotvení v předpisech EHK a typ zkoušky, kterou se ověřuje jejich dodržení.

Tab. č. 3 – Biomechanická kritéria

Biomechanické kritérium	Zkratka	Kritická hodnota	Předpis EHK	Typ zkoušky
Biomechanické kritérium poranění hlavy	HPC	HPC ≤ 1000 $a_r = 80g$ $t = 3ms$	EHK 94 EHK 95 EHK 21 EHK 25	Čelní náraz Boční náraz
Biomechanické kritérium poranění šíje	NIC	Ohybový moment okolo osy $\leq 57Nm$	EHK 94	Čelní náraz
Biomechanické stlačení hrudníku	ThCC	ThCC $\leq 55mm$	EHK 94	Čelní náraz
Stlačení holenní kosti	TCFC	TCFC $\leq 8kN$	EHK 94	Čelní náraz
Kritérium poranění měkké	VC	VC $\leq 1m/s$	EHK 94 EHK 95	Čelní náraz Boční náraz

tkáň hrudníku				
Kritérium deformace žeber	RDC	$RDC \leq 42mm$	EHK 95	Boční náraz
Maximální zatížení stydkých kostí (pánve)	PSPF	$PSPF \leq 6kN$	EHK 95	Boční náraz
Maximální zatížení břicha	APF	$APF \leq 2,5kN$	EHK 95	Boční náraz

Další předpisy EHK související s problematikou kinematiky nárazu a pasivní bezpečnosti při nehodových událostech jsou předpisy EHK č. 29 a č.33 definující požadavky na vnitřní prostor osobního automobilu a vnitřní prostor kabiny nákladního automobilu. Geometrie vnitřního prostoru je jedním z rozhodujících faktorů pro přežití při čelním nárazu.

4 PROBLEMATIKA POUŽÍVÁNÍ ZÁDRŽNÝCH SYSTÉMŮ

Z výše popsaných biomechanických kritérií a jejich mezních hodnot může být posuzován vliv použití zádržných systémů na eliminaci negativních jevů nehodových událostí, a tím zvýšení bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích.

4.1 SIMULACE NÁRAZU NA PEVNOU PŘEKÁŽKU

Pomocí software [14] byly vytvořeny simulace čelního nárazu na pevnou překážku.

4.1.1 Vstupní data

Při simulacích nárazu na pevnou překážku byla použita vstupní data z tab. č. 4 a jejich kombinace:

Tab. č. 4 – Vstupní data pro výpočty v [14]

Veličina	Hodnota	Zdroj hodnoty
Rychlost vozidla při nárazu na pevnou překážku	50 km/h = 31 mph	Maximální povolená rychlost v obci v ČR dle zákona č. 361/2000 Sb.
Výška figuríny	172 cm = 5 ft 8in	Průměrná výška postavy v ČR. Získáno váženým průměrem průměrné výšky mužů a žen v ČR ze zdrojů [15] a [16].
Hmotnost figuríny	75 kg = 165 lb	Průměrná hmotnost osob v ČR. Získáno váženým průměrem průměrné hmotností mužů a žen v ČR zdrojů [15] a [16].
Typ vozidla	Sedan	–
Použitý zádržný systém	Bez použití zádržného systému	–
	Bezpečnostní pás	–
	Čelní airbag	–
	Čelní airbag + bezpečnostní pás	–

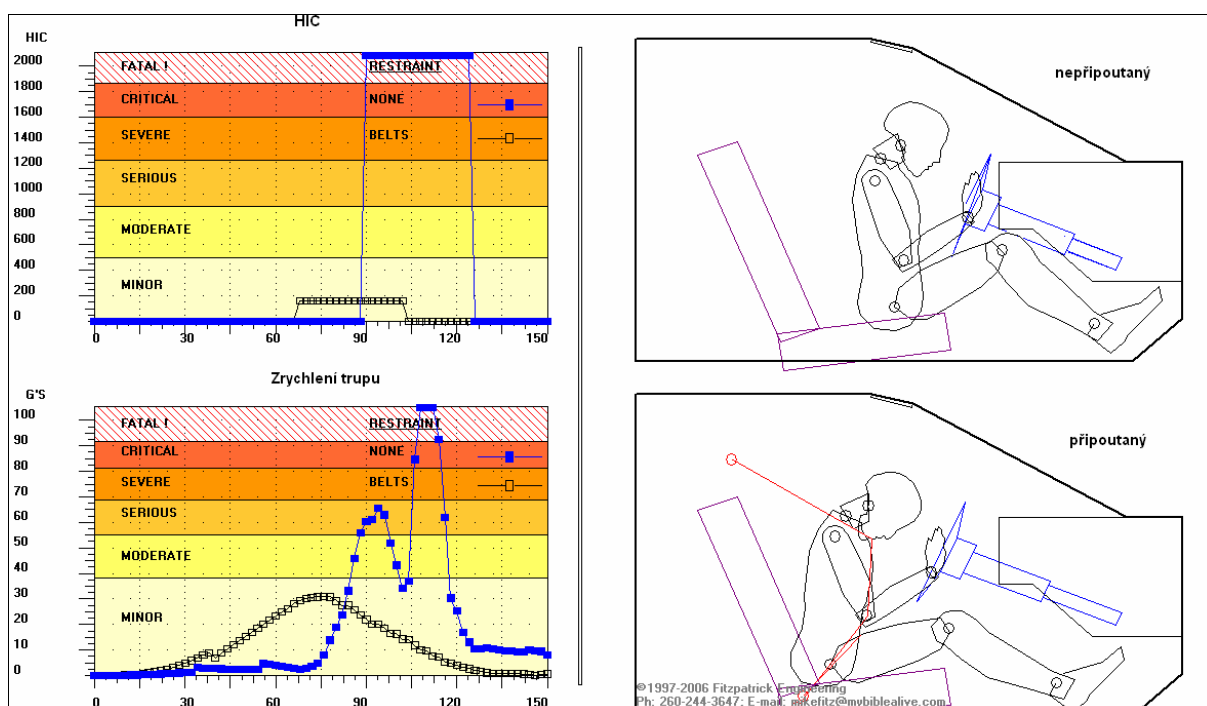
4.1.2 Vyhodnocení simulací nárazů na pevnou překážku

Z tab. č. 4 vyplývá možnost použití těchto kombinací zádržných systémů při simulacích: bez použití zádržných systémů, při použití bezpečnostního pásu, při použití čelního nafukovacího bezpečnostního vaku, při použití čelního nafukovacího bezpečnostního vaku a bezpečnostního pásu.

V každé simulaci jsou srovnávány dva použité zádržné systémy za stejných počátečních podmínek. Každý výstup ze simulace je zachycen na obrázku. V pravé polovině je zobrazena poloha figuríny na konci simulace nárazu na pevnou překážku při použití srovnávaných zádržných systémů. V levé polovině obrázku jsou dva grafy s průběhy dvou veličin. Horní z grafů zobrazuje průběh zrychlení hlavy figuríny během nárazu – HIC. Dolní z grafů na obrázku zobrazuje průběh zrychlení trupu během nárazu na pevnou překážku (v násobcích tíhového zrychlení). Modrá křivka zobrazuje v obou grafech průběh příslušných zrychlení při použití (popř. nepoužití) zádržného systému – vyobrazení na horním obrázku v pravé části. Černá křivka zobrazuje v obou grafech průběh příslušných zrychlení při použití (popř. nepoužití) zádržného systému – vyobrazení na dolním obrázku v pravé části. Na pozadí obou grafů je mřížka vyjadřující závažnost zranění, která koresponduje se stupnicí závažností AIS z tab. č. 2.

Při hodnocení výstupních grafů ze simulací nárazu na pevnou překážku jsou srovnávána zejména špičková zrychlení hlavy a trupu se závažností poranění a rychlostí nárazu na pevnou překážku v kontextu nárazové rychlosti.

Náraz na pevnou překážku v rychlosti 50 km/h – nepřipoutaný versus připoutaný cestující

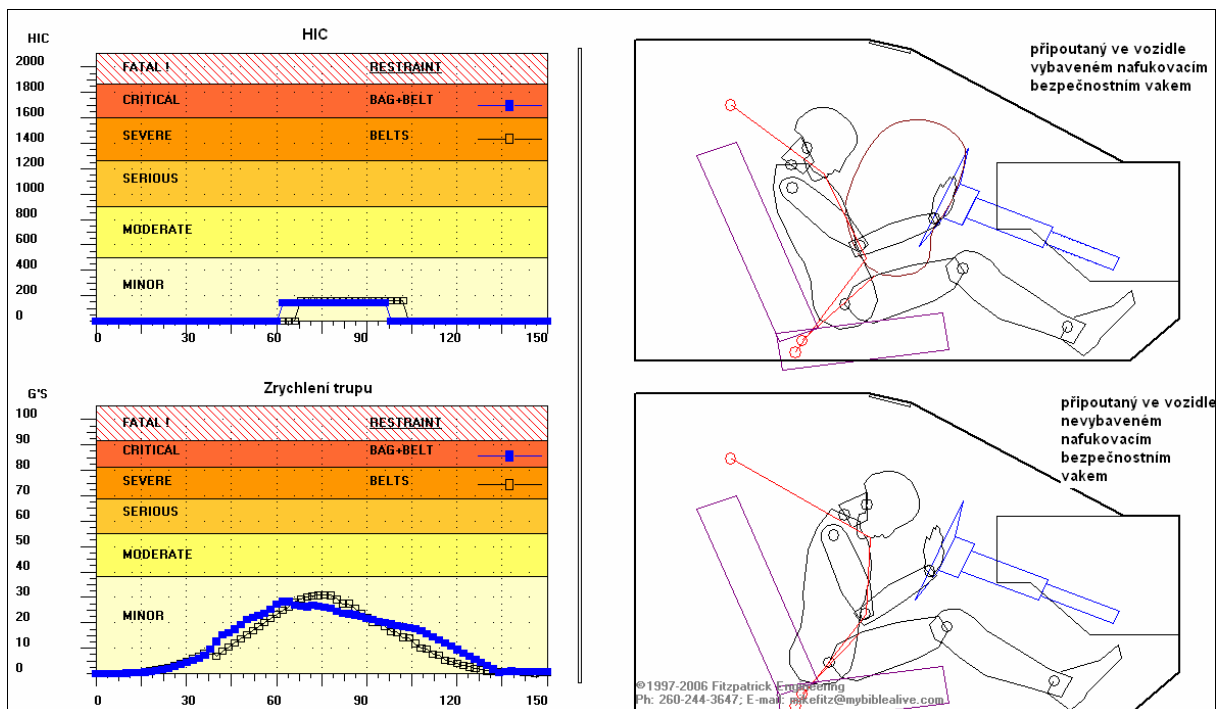


Obr. č. 4 Náraz na pevnou překážku v rychlosti 50km/h nepřipoutaný versus připoutaný

Při nárazu na pevnou překážku v rychlosti 50 km/h by u cestujícího, který nepoužil bezpečnostní pás hodnota zrychlení hlavy HIC způsobila těžká zranění. Podle tabulky AIS by následkem nárazu byla pravděpodobně zranění neslučitelná se životem. U cestujícího, který použil bezpečnostní pás je hodnota zrychlení hlavy HIC malá, míra závažnosti zranění je tedy mírná. Cestující by maximálně pociťoval závratě s bolestmi hlavy.

Míra závažnosti dle špičkové hodnoty zrychlení hrudníku a tabulky AIS u cestujícího, který nepoužil bezpečnostní pás je maximální. Došlo by tedy pravděpodobně k těžkým zraněním neslučitelným se životem. U cestujícího, který použil bezpečnostní pás je průběh hodnoty zrychlení trupu pozvolnější a míra závažnosti dle stupnice AIS je malá. Zranění hrudníku by se projevilo např. zlomeným žebrem.

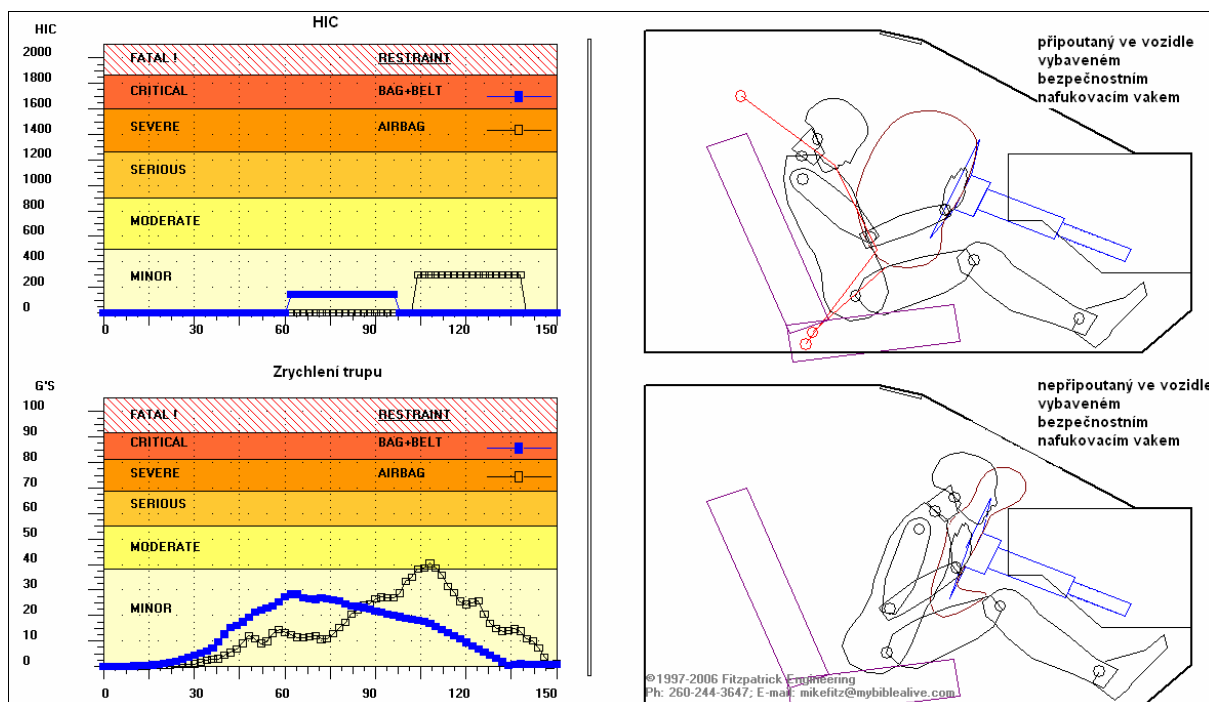
Náraz na pevnou překážku ve vozidle vybaveném a nevybaveném bezpečnostním nafukovacím vakem v rychlosti 50 km/h – připoutaný cestující



Obr. č. 5 Náraz na pevnou překážku v rychlosti 50km/h připoutaný cestující ve vozidle vybaveném a nevybaveném airbagem

Při nárazu na pevnou překážku v rychlosti 50km/h za použití bezpečnostních pásů je ve vozidle vybaveném bezpečnostním vakem nižší špičkové zpomalení obou biomechanických kritérií. Míra závažnosti poranění by byla v obou případech malá.

**Náraz na pevnou překážku ve vozidle vybaveném bezpečnostním nafukovacím vakem
v rychlosti 50 km/h – nepřipoutaný versus připoutaný cestující**



Obr. č. 6 Náraz na pevnou překážku ve vozidle vybaveném airbagem – nepřipoutaný versus připoutaný 50 km/h

U cestujícího, který nepoužil bezpečnostní pás ve vozidle vybaveném bezpečnostním vakem při nárazu na pevnou překážku v rychlosti 50 km/h je hodnota zrychlení hlavy nízká. Míra závažnosti následků dle stupnice AIS je malá. Cestujícího by po nehodové události mohla bolet hlava, popř. by mohl mít jednoduchou zlomeninu žebra. V případě, že by cestující byl ve stejném vozidle připoután, hodnota zrychlení by byla ještě asi o polovinu nižší. Míra závažnosti způsobená zrychlením hlavy by byla stejná.

Míra závažnosti dle špičkové hodnoty zrychlení hrudníku u cestujícího, který nepoužil bezpečnostní pás ve vozidle s airbagem na stupnici AIS je mírná. Cestující by měl pravděpodobně 2-3 zlomeniny žebra. Míra závažnosti u cestujícího, který použil bezpečnostní pás ve vozidle s airbagem na stupnici AIS je malá. Cestující by měl pravděpodobně jednoduchou zlomeninu žebra. U cestujícího, který použil bezpečnostní pás je průběh zrychlení trupu pozvolnější."

Daleko větší rozdíly v závažnosti následků nárazu při použití samotného bezpečnostního vaku a bezpečnostního vaku v kombinaci s bezpečnostními pásy budou patrné ve vyšších rychlostech v neprospěch nepřipoutané osoby.

Z průběhů zrychlení hlavy HIC a zrychlení trupu při nárazu za použití všech různých kombinací použití zádržných systémů je patrné, že zádržný účinek při použití bezpečnostního pásu posunuje špičkovou hodnotu zrychlení v čase o několik desítek milisekund po nárazu dříve.

Z vytvořených simulací nárazu na pevnou překážku lze sestavit následující pořadí použití zádržných systémů podle jejich vlivu na eliminaci vzniklých poranění a bezpečnost vozidla (postupně od nejnepríznivější situace k nejvýhodnější):

1. Nepoužití bezpečnostního pásu ve vozidle nevybaveném bezpečnostním nafukovacím vakem
2. Nepoužití bezpečnostního pásu ve vozidle vybaveném nafukovacím bezpečnostním vakem
3. Použití bezpečnostního pásu ve vozidle nevybaveném bezpečnostním nafukovacím vakem
4. Použití bezpečnostního pásu ve vozidle vybaveném bezpečnostním nafukovacím vakem

4.2 POUŽÍVÁNÍ BEZPEČNOSTNÍCH PÁSŮ

Ze simulací v předchozí kapitole vyplývá, že povinnost používat bezpečnostní pás za jízdy, která je zakotvena v legislativě, je odůvodněná. A to i v případě, že je vozidlo vybaveno bezpečnostními vaky. Při nárazech ve vyšších rychlostech samotný bezpečnostní vak nedokáže zabránit vzniku zranění neslučitelných se životem. Je-li auto vybaveno bezpečnostním vakem a řidič se nepřipoutá, může dojít k tomu, že nafukovací bezpečnostní vak se aktivuje a vzhledem k velké relativní rychlosti plnění airbagu vzniklým plynem vůči dopřednému pohybu cestujícího může dojít k jeho poranění. K menším následkům dochází i ve vozidlech nevybavených bezpečnostními nafukovacími vaky při použití bezpečnostních pásů.

Používání bezpečnostních pásů je tedy jednou z velmi důležitých a efektivních možností zmírnění následků nehodových událostí v dopravě.

První stát, ve kterém byla legislativně formulována povinnost používat za jízdy bezpečnostní pás, byla Austrálie. V České republice byla povinnost používat bezpečnostní pás

za jízdy poprvé uzákoněna zákonem č. 80/1966 s platností od 1.1.1967. Platila však pouze pro cestující na předních sedadlech mimo obec. Povinnost používat bezpečnostní pás na zadních sedadlech byla zavedena od 1.1.1976 zákonem č. 100/1975. Povinnost používat bezpečnostní pás během jízdy i v obci pak byla zavedena až od 1. 1. 1990 zákonem č. 99/1989. Dnes je v české legislativě povinnost použít za jízdy bezpečnostní pás ukotvena v zákoně č. 361/2000 Sb. Při nepoužití bezpečnostního pásu za jízdy hrozí řidiči sankce ve formě přičtení dvou trestných bodů a finanční pokuty do výše 2000 Kč.

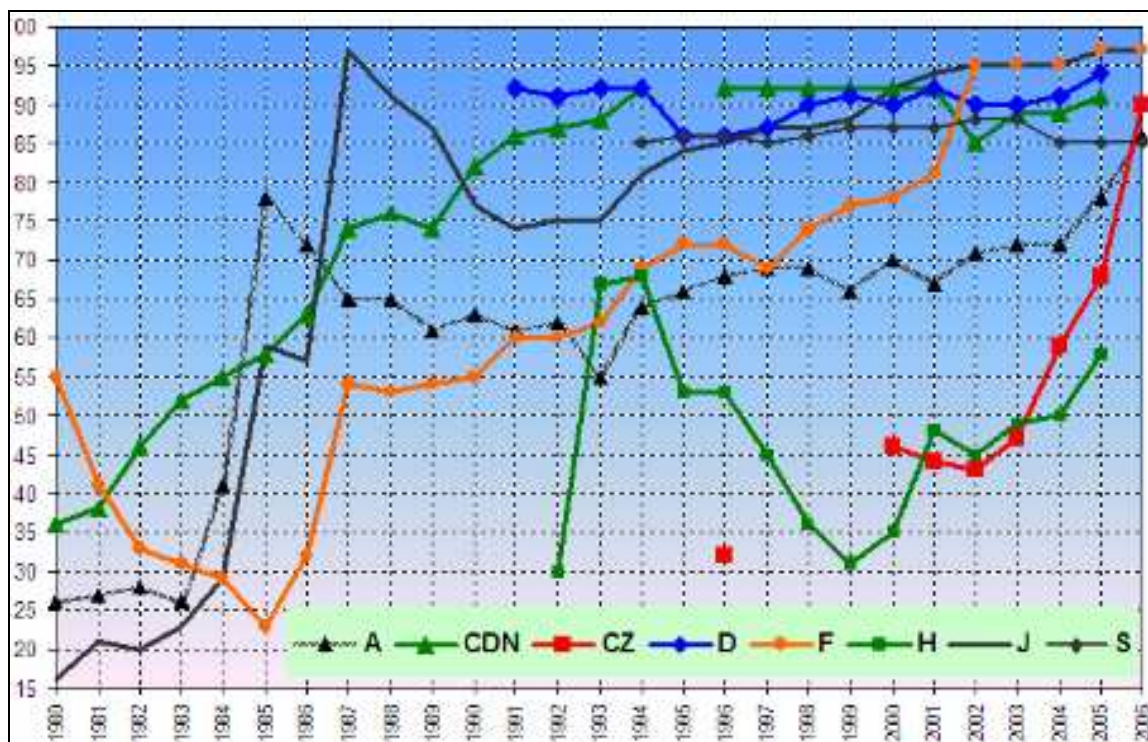
4.2.1 Účinnost bezpečnostních pásů

Tab. č. 5 Účinnost bezpečnostních pásů (data z roku 2002, 2004 a 2006; převzato z [19])

Rok 2002/2004/2006	Usmrceno na 1000 osob	Průměr za 3 sledované roky
Osobní aut. - řidič - bezpečnostní pás (BP)	1,3/0,83/0,96	1,03
Osobní aut. - řidič - bez BP	15,4/15,1/14,1	14,9
Osobní aut. - spolujezdec vpředu; BP	8,9/7,6/5,7	7,4
Osobní aut. - spolujezdec vpředu; bez BP	49,1/39,7/42,8	43,9
Osobní aut. - spolujezdec vzadu; BP	10,6/7,1/6,7	8,1
Osobní aut. - spolujezdec vzadu; bez BP	29,5/29,3/33,4	30,7
Osobní aut. - dítě vzadu v sedačce	8,1/4,8/1,8	5

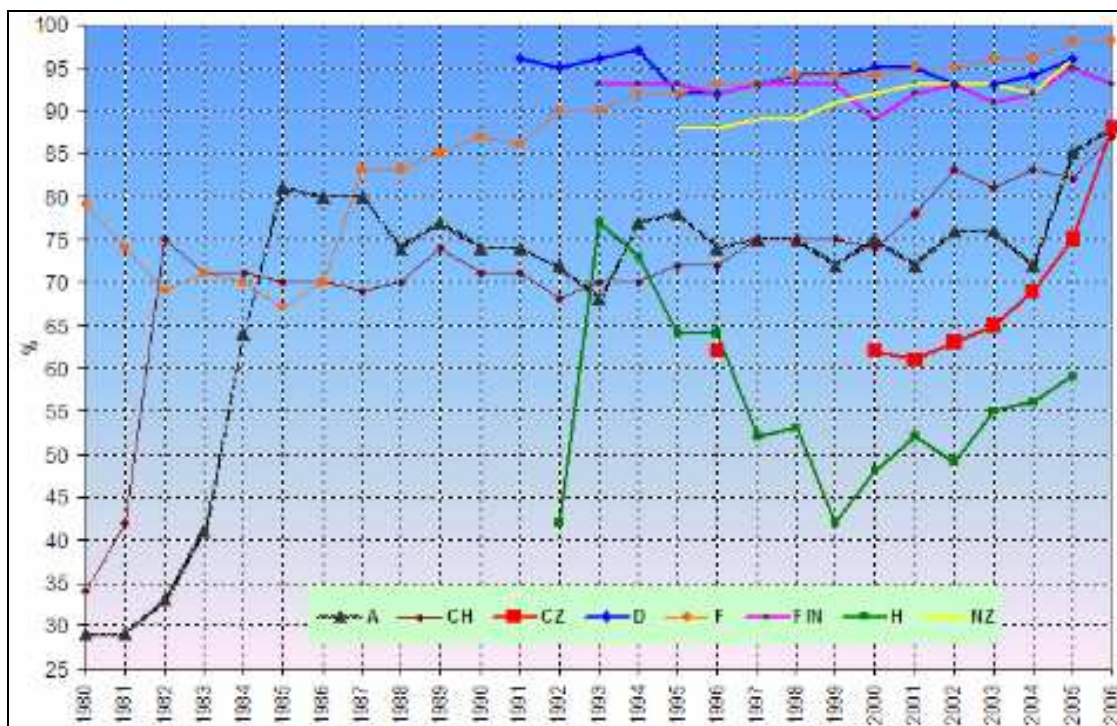
Účinnost bezpečnostních pásů v tab. č. 5 je vyjádřena přepočtem usmrcených osob na 1000 osob z celkového počtu osob zúčastněných při dopravních nehodách v roce 2002, 2004 a 2006 za použití nebo nepoužití bezpečnostních pásů. Průměr tohoto přepočtu z let 2002, 2004, 2006 je u připoutaného spolujezdce na zadním sedadle 8,1, nepřipoutaného spolujezdce na zadním sedadle 30,7, připoutaného spolujezdce vpředu 7,4 a nepřipoutaného spolujezdce vpředu 43,9. Z rozdílu těchto hodnot je patrné, že použití bezpečnostních pásů spolujezdci zvyšuje pravděpodobnost přežití v případě nehodové události až o 30%.

4.2.2 Používání bezpečnostních pásů v intravilánu a extravilánu



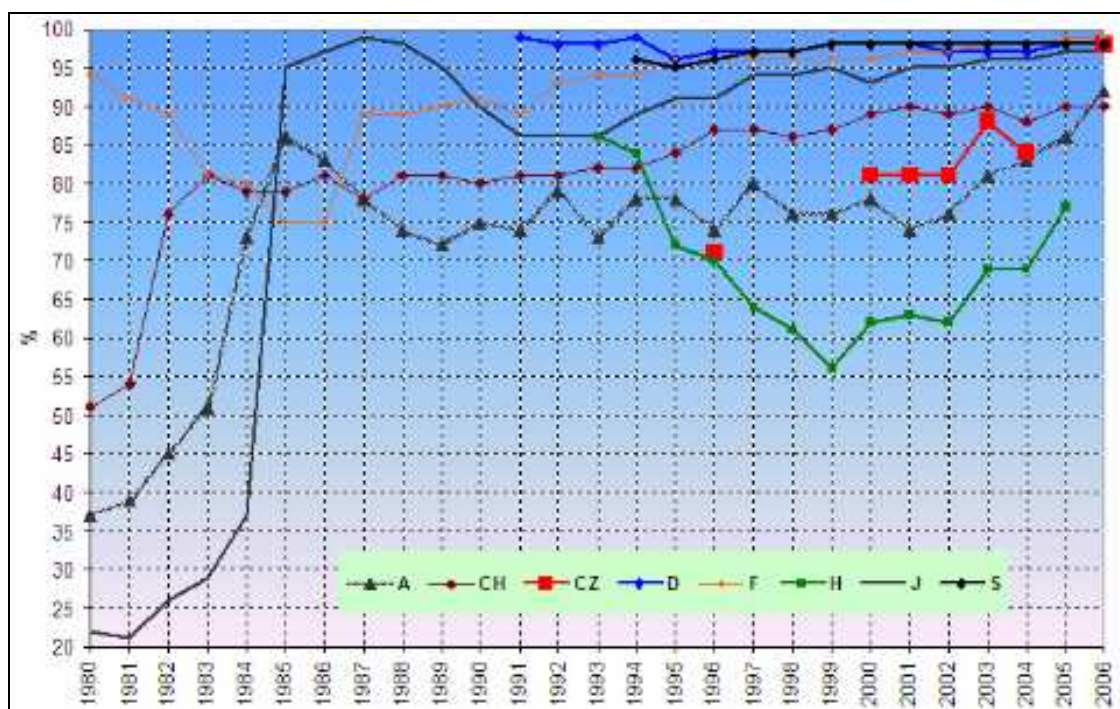
Graf č. 3 Použití bezpečnostních pásů u řidičů osobních automobilů v intravilánu v % (1980 - 2006; převzato z [19])

Z grafu č. 3 je patrné, že ČR značně zaostávala v používání bezpečnostních pásů řidiči při jízdě v obci v porovnání s vyspělejšími státy Evropy v letech 1996-2005. Při měřeních v letech 2002-2004 používalo bezpečnostní pás průměrně 50% řidičů. Progresivní nárůst používání bezpečnostních pásů řidiči v posledních letech lze přisuzovat rozsáhlé kampani zaměřené na dodržování povinnosti používat bezpečnostní pásy před zavedením bodového systému od 1.7. 2006. V roce 2006 už byla zaznamenána hodnota srovnatelná s vyspělejšími státy (90%). Ve vyspělejších státech byly naměřeny v průměru hodnoty okolo 95%.



Graf č. 4 Použití bezpečnostních pásů u řidičů osobních automobilů v extravilánu v % (1980 - 2006; převzato z [19])

I v grafu č. 4 je patrný pozitivní trend v posledních letech. 88% řidičů v ČR v roce 2006 použilo při jízdě mimo obec bezpečnostní pás. To je hodnota, která se značně přibližuje hodnotě v ostatních Evropských zemích.



Graf č. 5 Použití bezpečnostních pásů u řidičů osobních automobilů na dálnici v % (1980 - 2006; převzato z [19])

Na dálnicích byla skupina řidičů používajících bezpečnostní pás již v roce 1996 vyšší než u intravilánu a extravilánu. V posledních několika letech je patrný stejně pozitivní trend jako u předchozích dvou grafů.

5 PASIVNÍ BEZPEČNOST

Jak bylo již výše uvedeno, pasivní bezpečnost lze chápat jako soubor všech konstrukčních a výrobních opatření, která snižují negativní následky způsobené nehodovými událostmi. V této kapitole je pasivní bezpečnost řešena z pohledu zádržných systémů a je čerpáno zejména ze zdrojů [3] a [6], ostatní zdroje jsou uvedené přímo v textu.

5.1 ZÁDRŽNÉ SYSTÉMY

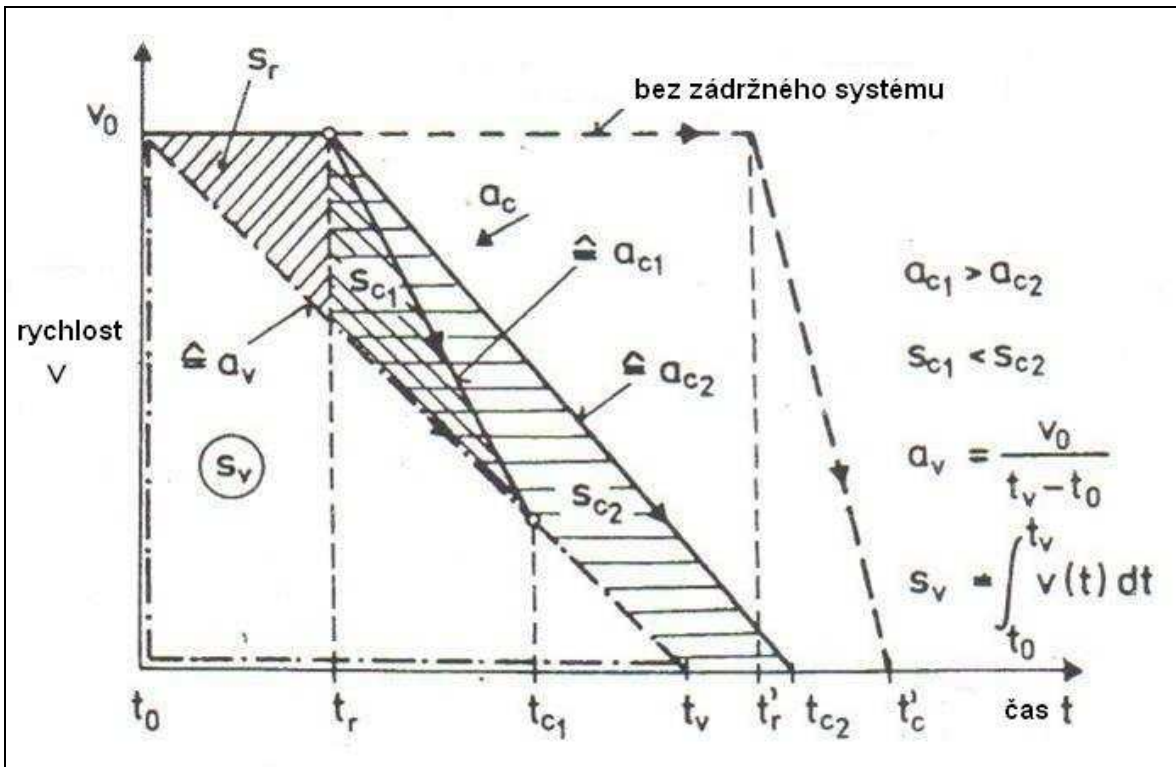
Při nehodové události rohodují o vzniklých zraněních a přežití cestujících tyto faktory: maximální vzniklé přetížení organismu a doba jeho trvání, zbytkový prostor přežití, možnost poranění o povrch vnitřního prostoru, možnost včas vozidlo opustit a riziko vzniku požáru.

Čtyři z těchto pěti faktorů pasivní bezpečnosti, rozhodujících o přežití cestujících při nehodové události, jsou schopny pozitivně ovlivnit právě zádržné systémy.

Zdroj [5] (předpis EHK č. 16) definuje pojem zádržný systém takto:

„Systém pro určitý typ vozidla nebo typ stanovený výrobcem vozidla a odsouhlasený zkušebnou, sestávající ze sedadla a pásu, uchyceného na vozidle příslušnými připevňovacími součástmi a dodatečně obsahující všechny prvky, které slouží ke snížení rizika poranění uživatele v případě náhlého snížení rychlosti vozidla omezením pohyblivosti trupu uživatele.“

Pro správné určení požadavků na činnost zádržných systémů je třeba popsat kinematiku čelního nárazu vozidla na pevnou bariéru (viz obr. č. 7).



Obr. č. 7 Závislost rychlosti cestujícího a vozidla na čase při nárazu na pevnou překážku

Vozidlo se v okamžiku nárazu (t_0) pohybuje rychlostí v_0 , pohybuje se rovnoměrně zpomaleným pohybem se zpomalením (a_v). Pokud nedojde při nárazu k použití zádržného systému, cestující se pohybuje nezměněnou rychlostí v_0 v interiéru vozidla až po náraz do jeho pevné části v čase t'_r . Cestující tedy nevyužije deformační zóny karoserie vozidla, které spotřebují značnou část kinetické energie.

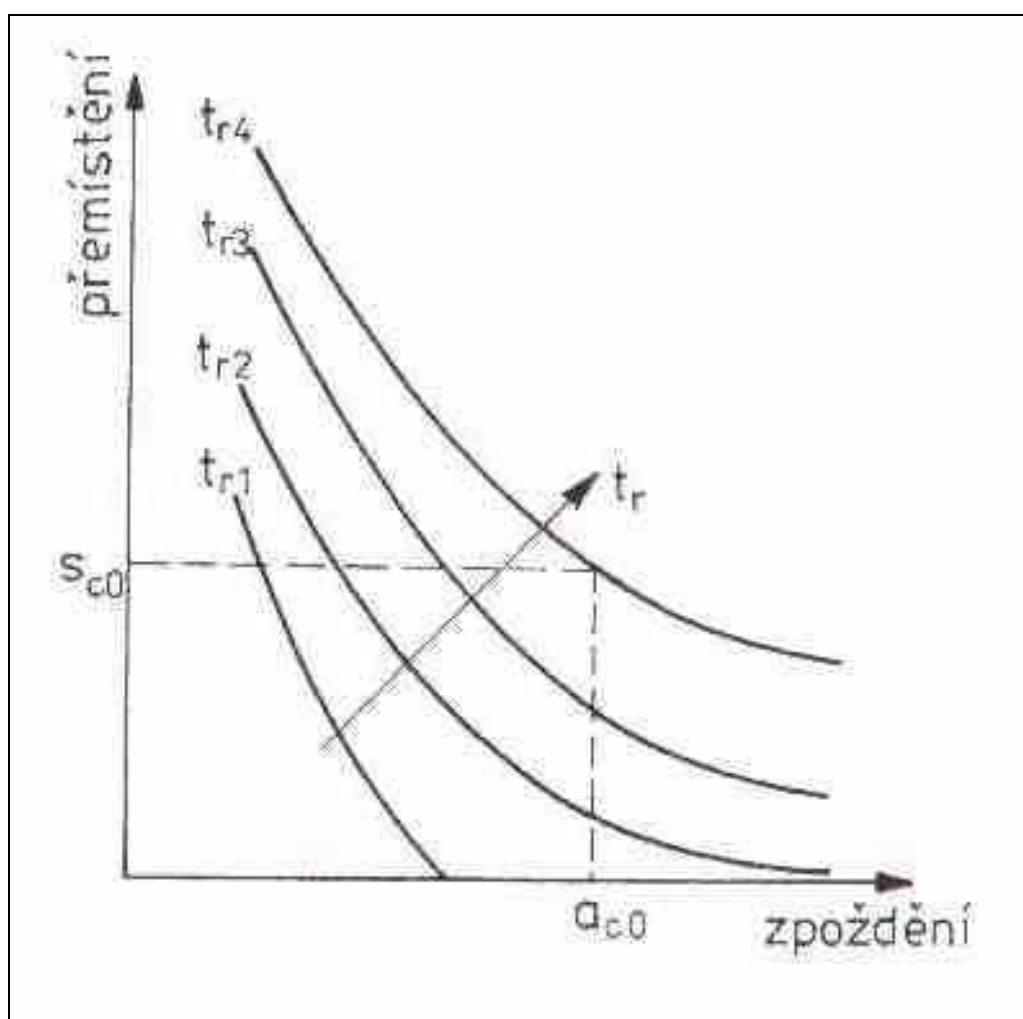
Úkolem zádržného systému je držet cestujícího při zpoždování způsobeném nárazem. Kinetická energie cestujícího je tak zachycena jako práce zádržného systému. Zároveň však musí být dodrženy biomechanické limity a dopředný posuv musí být udržen v patřičných mezích v rámci geometrie vnitřního prostoru vozidla.

Okamžik zastavení vozidla je označen t_v . Doba od počátku nárazu až po nástup účinku zádržného systému je označena jako t_r , poté se cestující pohybuje se zpomalením a_c . Během této doby se cestující pohybuje nezměněnou rychlostí a urazí dráhu s_r . Čím kratší je t_r , tím větší je prostor, který lze pro absorpci energie využít s ohledem na geometrii vnitřního prostoru vozidla. Čím větší je prostor, který lze využít pro absorpci energie, tím menší je zpomalení působící na cestujícího.

Obecně lze tedy formulovat zejména tyto požadavky na zádržné systémy:

- Rychlý nástup účinku zádržných systémů, tzn. co nejmenší zpoždění při stejném dopředném posunutí
- Malé zpoždění cestujících, tzn. dodržení biomechanických limitů
- Zajištění pohodlí cestujících, pokud není zádržný systém v činnosti

Poslední požadavek se může zdát nepodstatný. Pokud bude opomíjen a používání zádržných systémů nebude pohodlné, velké procento cestujících jej nebude používat a navíc pohodlí přispívá velkou měrou k pasivní bezpečnosti vozidla.



Obr. č. 8 Závislost mezi přemístěním cestujícího a zpožděním cestujícího – doba odezvy zádržného systému

Uvažujeme-li konstantní přemístění cestujícího při nárazu, zpoždění cestujícího je tím větší, čím je delší doba odezvy zádržného systému (viz obr. č. 8).

5.2 ROZDĚLENÍ ZÁDRŽNÝCH SYSTÉMŮ

Prvky bezpečnosti vozidel lze rozdělit na pasivní a aktivní. Úkolem aktivních prvků bezpečnosti je předcházet dopravním nehodám a úkolem pasivních prvků bezpečnosti je pak eliminace následků dopravních nehod. Zádržné systémy lze z tohoto hlediska řadit do pasivních prvků bezpečnosti vozidel.

Samotné zádržné systémy lze dělit podle použitého mechanismu pro zmírnění dopředného posuvu cestujícího na: popruhové zádržné systémy, zádržné systémy s nafukovacími vaky, kombinace popruhových a zádržných systémů s nafukovacími vaky.

5.3 POPRUHOVÉ ZÁDRŽNÉ SYSTÉMY

Tato skupina zádržných systémů patří mezi zádržné systémy aktivní. Typickým zástupcem této skupiny jsou bezpečnostní pásy. Pro správnou účinnost popruhových zádržných systémů se musí cestující připoutat. V následujících kapitolách je popsán popruhový zádržný systém a komponenty, které optimalizují jeho činnost.

5.3.1 Bezpečnostní pásy obecně

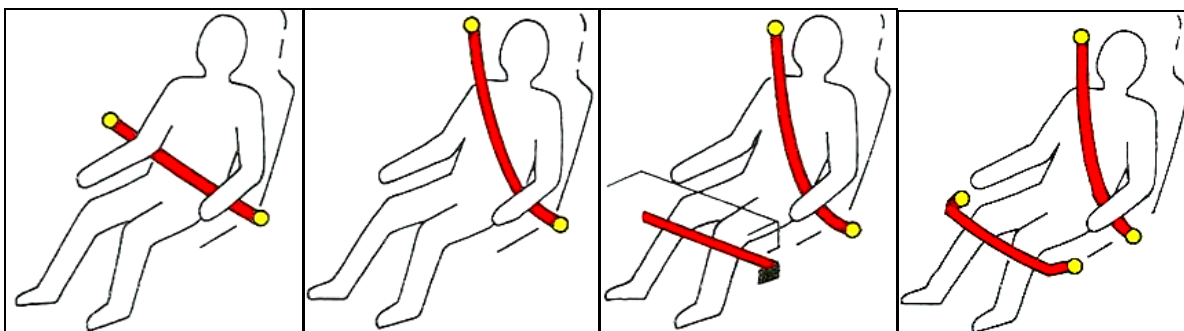
Mezi standardní výbavu dnes vyráběných vozidel patří bezpečnostní pásy na všech místech k sezení, což pramení z požadavku uvedeném v [5] (předpis EHK č. 16).

Zdroj [5] (předpis EHK č. 16) definuje bezpečnostní pás takto:

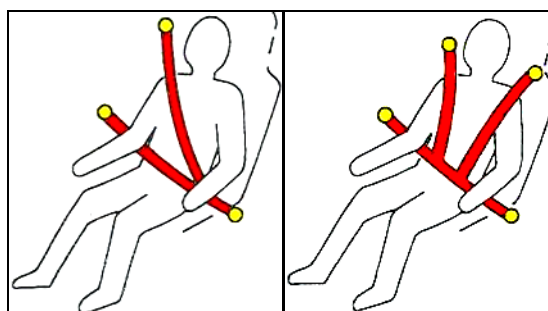
„Bezpečnostní pás (sedadlový pás, pás)

Uspořádání popruhů s uzavírací sponou, seřizovacími zařízeními a připevňovacími kováními způsobilé k ukotvení v motorovém vozidle a konstruované tak, aby se v případě srážky nebo náhlého zpomalení vozidla zmenšovalo nebezpečí poranění uživatele tím, že omezuje pohyblivost jeho těla. Takové uspořádání se obecně označuje názvem souprava pásu a tento termín rovněž zahrnuje jakékoliv zařízení pro pohlcování energie nebo pro navíjení pásu.“

Účelem bezpečnostního pásu je udržet cestujícího v sedačce, respektive udržet dopředné posunutí cestujícího v rámci volného prostoru v interiéru vozidla, a tím zabránit poranění o vnitřní vybavení vozu. Cestující může být při čelním nárazu zachycen pomocí hrudníku, pánve (břicha) nebo vazbou koleno – stehno – pánev. Z toho vychází různá řešení bezpečnostních pásů, která jsou vyobrazena na obr. č. 9 a 10.



Obr. č. 9 Dvoubodový bezpečnostní pás: břišní, diagonální, diagonální s kolenní opěrkou, ramenní a kolenní (zdroj [3])



Obr. č. 10 Bezpečnostní pás tříbodový a čtyřbodový typu šle (zdroj [3])

5.3.2 Tříbodový bezpečnostní pás s navíječem

V současné době je nejčastěji používán tříbodový bezpečnostní pás v kombinaci se samonavíjecím zařízením. Tento mechanismus se sám automaticky přizpůsobuje tělesným rozměrům cestujícího a během jízdy umožňuje volný pohyb cestujícího.

Zdroj [5] (předpis EHK č. 16) definuje tříbodový bezpečnostní pás takto:

„Tříbodový bezpečnostní pás je kombinací břišního a diagonálního popruhu. Popruh je ohebná část určená k přidržování těla a přenášení namáhání na kotvení úchyty.“



Obr. č. 11 Tříbodový bezpečnostní pás se samonavíjecím zařízením

Tříbodový bezpečnostní pás je veden průvlečným úchytem do odvíjecího (navíjecího) zařízení ve středním sloupku. Bezpečnostní pás cestující zajistí pomocí ovládacího tlačítka, které je upevněno na boku sedadla.

Samotný bezpečnostní pás se skládá z popruhu, spony a odvíjecího zařízení. Volitelnou součástí je pak předpínací zařízení.

Spona

Zdroj [5] (předpis EHK č. 16) definuje sponu bezpečnostního pásu takto:

„Rychle se uvolňující zařízení dovolující uživateli, aby byl zadržován pásem“

Odvíjecí zařízení

Cívka odvíjecího zařízení, nazývaná také navíječ, udržuje pás pod neustálým pružným napětím. Při nehodě odvíjecí zařízení zablokuje pás.

Definice navíječe dle zdroje [5] (předpis EHK č. 16):

„Zařízení, k částečnému nebo úplnému uložení popruhu bezpečnostního pásu“

Ve zdroji [5] (předpis EHK č. 16) je uvedeno následující rozdělení navíječů do pěti typů:

- *„Typ 1: Navíječ bez blokování (typ 1)
Navíječ, z něhož se popruh v celé své délce odvine působením malé vnější síly bez možnosti regulovat délku odvinutého popruhu.“*
- *„Typ 2: Navíječ s ručním odblokováním (typ 2)
Navíječ, který musí uživatel ručně odblokovat, aby mohl odvinout požadovanou délku popruhu, a který se samočinně zablokuje, jakmile ustane uvedený úkon.“*
- *„Typ 3: Navíječ s automatickým blokováním
Navíječ dovolující odvinutí požadované délky popruhu a seřizující uživateli samočinně popruh po zapnutí spony. Bez úmyslného zásahu uživatele se popruh dále neodvíjí.“*
- *„Typ 4: Navíječ s nouzovým blokováním (typ 4)
Navíječ, který za běžných jízdních podmínek neomezuje volnost pohybu uživatele bezpečnostního pásu. Takové zařízení má součásti k seřizování délky, které samočinně přizpůsobí popruh uživateli, a blokovací mechanismus uváděný v případě nouze do činnosti:*

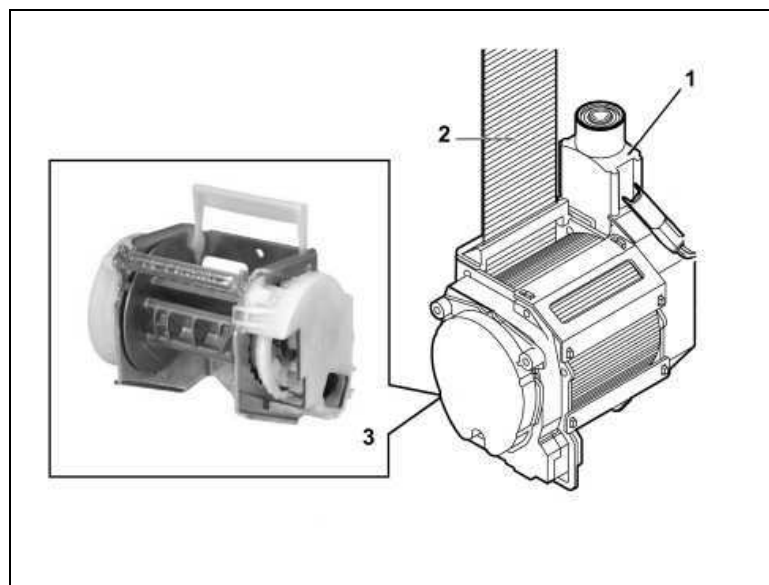
snížením rychlosti vozidla (jednotlivá citlivost)

kombinace snížení rychlosti vozidla, odvíjení popruhu a jakýchkoli jiných automatických prostředků (vícenásobná citlivost)“

- „Typ 4N Navíječ s nouzovým blokováním s vyšším prahem reakce

Navíječ typu 4 se zvláštními vlastnostmi s ohledem na použití ve vozidlech kategorie M2, M3, N1, N2 a N3. “

Podrobněji je níže popsán typ 4, který je v současné době nejvíce používán v osobních vozidlech.



Obr. č. 12 Mechanismus odvíjecího zařízení Volvo s předpínacím zařízením (převzato z [24])

Aktivační podmínky

Podle zdroje [5] (předpis EHK č. 16) má být uvedeno blokovací zařízení bezpečnostních pásů v činnost při zpoždění vozidla $a_v=0,45g$ nebo při vytažení popruhu bezpečnostního pásu z blokovacího zařízení se zrychlením $a_p=0,8g$.

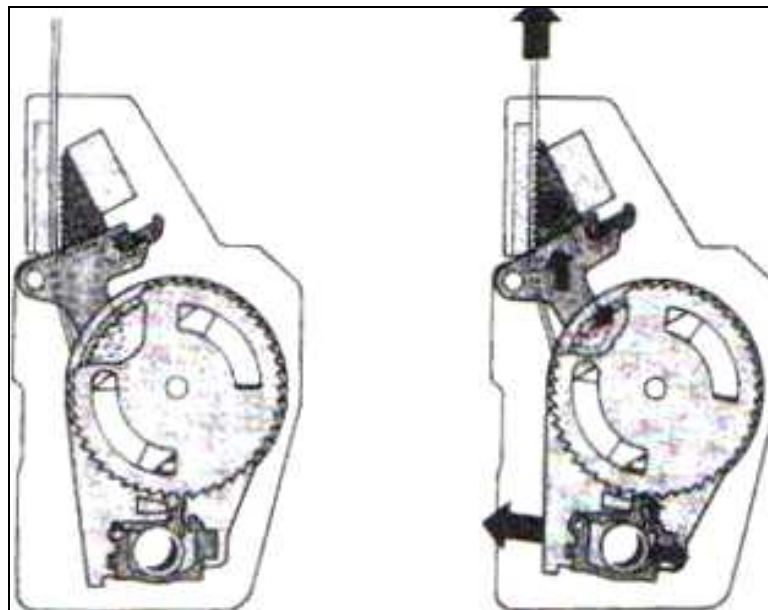
Oproti tomu zdroj [3] uvádí odlišné hodnoty uvedení blokovacího zařízení bezpečnostních pásů v činnost při zpoždění vozidla $a_v=0,4g$ nebo při vytažení popruhu bezpečnostního pásu z blokovacího zařízení se zrychlením $a_p=0,6 g$.

Výše uvedené hodnoty platí pro odvíjecí zařízení typu 4.

Samotný mechanismus aktivace může být realizován:

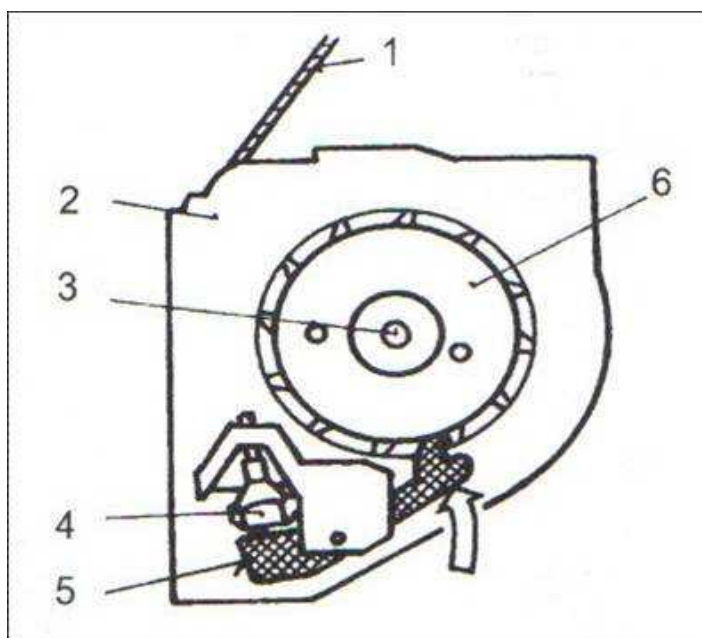
- Setrvačným kolem
- Kyvadlem

U mechanismu se setrvačným kolem dojde k blokování bezpečnostního pásu při jeho vytažení příslušným výše uvedeným zrychlením (viz obr. č.13).



Obr. č. 13 Řez mechanismem odvíjecího zařízení se setrvačným kolem (převzato z [3])

Na obr. č. 14 je vyobrazen mechanismus aktivace s kyvadlem. Působením zpomalení dojde k vykývnutí kyvadla, a tím k blokování bezpečnostního pásu.



Obr. č. 14 Mechanismus odvíjecího zařízení s kyvadlem (převzato z [3])

1 – bezpečnostní pás; 2 – skříň; 3 – navíjecí hřídel; 4 – kyvadlo ve vychýlené poloze;
5 – blokovací západka v blokovací poloze; 6 - rohatka

Předpínací zařízení bezpečnostních pásů

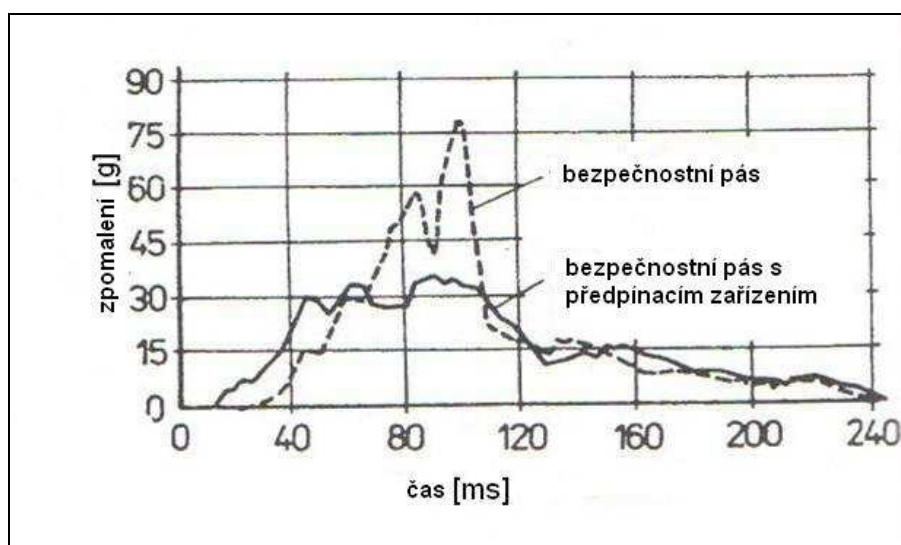
Předpínací zařízení je volitelné zařízení, které zlepšuje účinnost zádržného systému.

Dle zdroje [3] lze v případě použití tříbodového bezpečnostního pásu s jistotou zabránit nárazu hlavy do volantu nebo palubní desky pouze při nárazech v rychlosti do 40km/h. A to z důvodu časového zpoždění účinku navíjecího pásu, roztažnosti pásu a volnosti pásu. Všechny příčiny časového zpoždění pásu při nárazu mají své opodstatnění. Např. volností pásu je zajištěn komfort cestujících, a tím se zvyšuje pravděpodobnost jejich použití.

Výše uvedené okolnosti vedou k velkému dopřednému posunutí cestujících během nárazu ještě před blokováním pásu. Pro odstranění časového zpoždění účinku navíječe pásu, roztažnosti pásu a volnosti pásu, a tím zmenšení dopředného posunutí cestujících, se používají předpínací zařízení bezpečnostního pásu. Předpínací zařízení (nebo také napínače bezpečnostních pásů) jsou také zkráceně nazývaná předpínače.

Dle zdroje [3], [6] a [23] v případě nehodové události předpínací zařízení zatáhne bezpečnostní pás nebo zámek bezpečnostního pásu o několik centimetrů zpět. Pás tak lépe cestujícího obepne a zmenší tak jeho dopředné posunutí, které cestující urazí během nárazu.

Z obr. č. 15 je patrné, že použitím předpínače dojde ke snížení hodnoty špičkového zpomalení při nárazu více než o polovinu a zároveň ke zmenšení skokových změn v průběhu zpomalení působícího na cestujícího při nárazu. Z hlediska eliminace negativních jevů nehodových událostí je tedy předpínač velice důležitý prvek zádržného systému.



Obr. č. 15 Srovnání průběhu zpomalení v čase při nárazu ve vozidle vybaveném bezpečnostními pásy bez a s předpínacím zařízením (převzato z [3])

Zdroj [5] (předpis EHK č. 16) definuje předpínací zařízení takto:

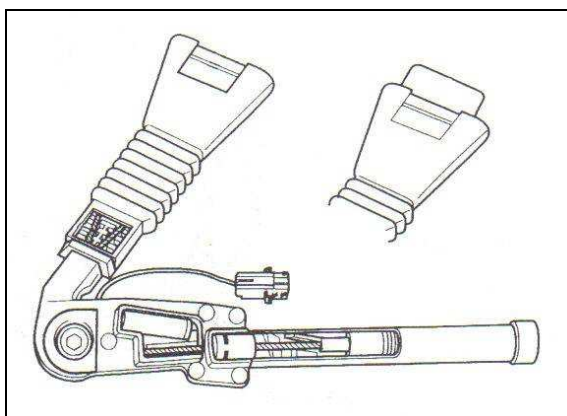
„Dodatečně montované nebo vestavěné zařízení, které utáhne popruh, aby se zmenšila vůle pásu při nárazu vozidla.“

Princip činnosti předpínacího zařízení

Dva nejpoužívanější typy předpínacího zařízení lze rozdělit dle principu na kterém pracují na:

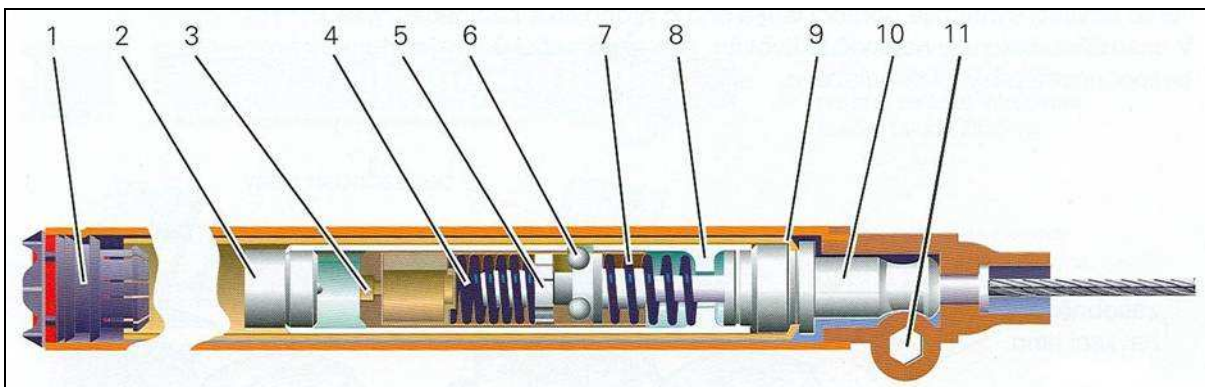
- mechanické
- pyrotechnické

Dle zdroje [6] mechanické předpínací zařízení využívá jako zásobník energie předepjatou pružinu. Při aktivaci předpínacího zařízení se uvolní předepjatá pružina a akumulovaná energie se změní v práci mechanismu – předepjatá pružina zatáhne přes bovden zámek bezpečnostního pásu o několik cm nazpět. Tento mechanismus je použit u starších vozidel.

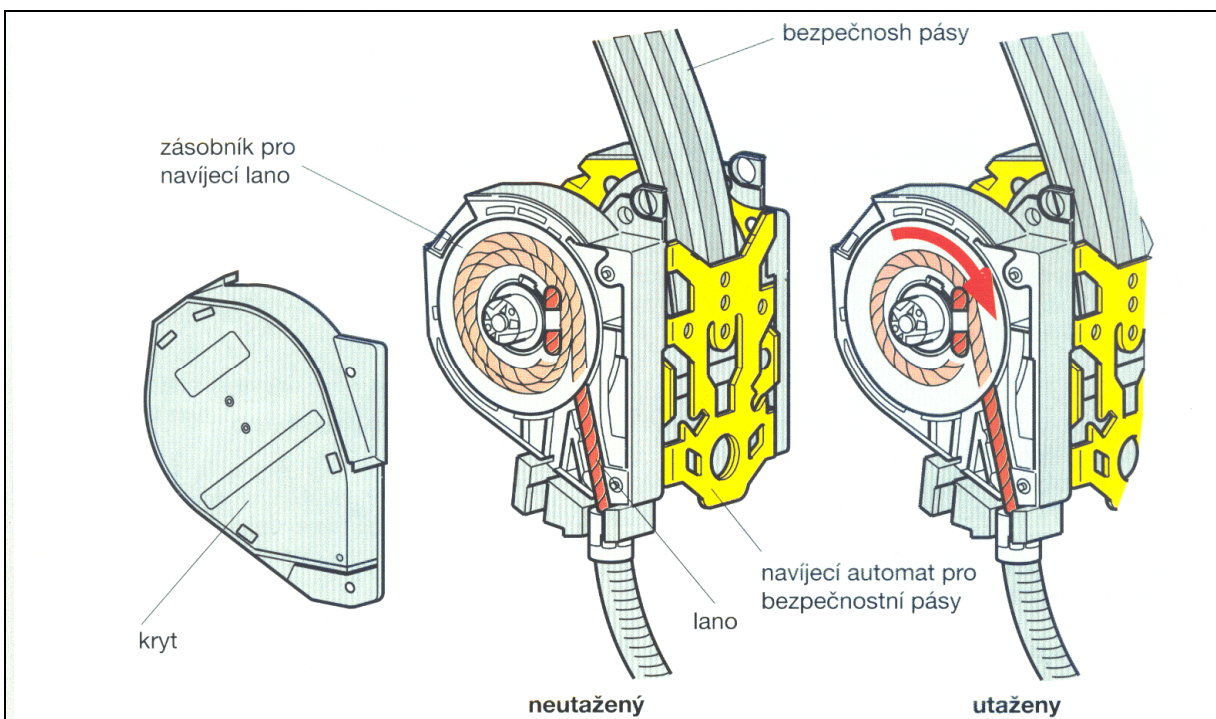


Obr. č. 16 Řez mechanickým předpínacím zařízením (převzato z [6])

U pyrotechnického předpínacího zařízení vyhodnotí řídicí jednotka údaje ze snímače zpomalení. Při dostatečné hodnotě a délce zpomalení rozhodne o odpálení pyrotechnické kapsle. Tlak způsobený výbuchem pyrotechnické kapsle v pyrotechnickém zařízení působí na píst, který zatáhne za ocelové lanko. Lanko otočí cívku navíjecího zařízení, a tím dojde k předepnutí bezpečnostního pásu, tak jak je zobrazeno na obr. č. 18. Dle zdroje [23] se pásy zkrátí zhruba o 70 – 90 mm.

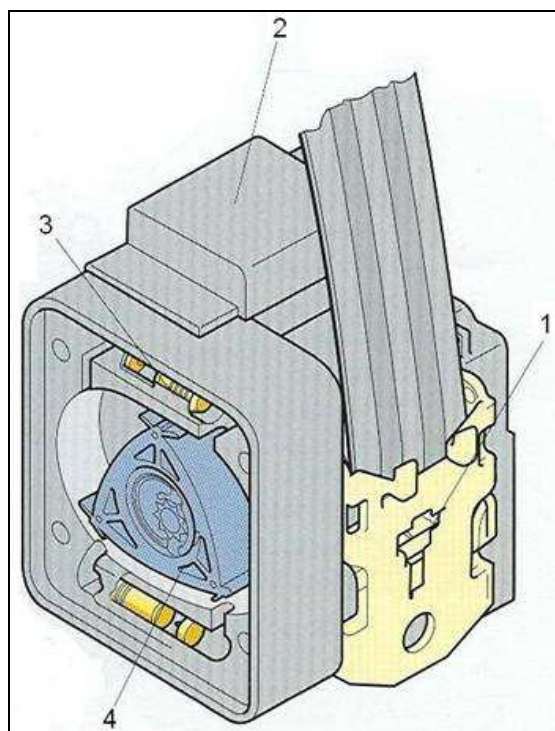


Obr. č. 17 Pyrotechnické zařízení použité ve Škodě Felicia (převzato z [23])
 1 – zátka; 2 – úderník; 3 – plynový generátor; 4 – pružina senzoru; 5 – ukončení lana;
 6 – aretační kuličky; 7 – pružina senzoru; 8 – píst; 9 – tlakový válec; 10 – držák senzoru;
 11 – transportní pojistka



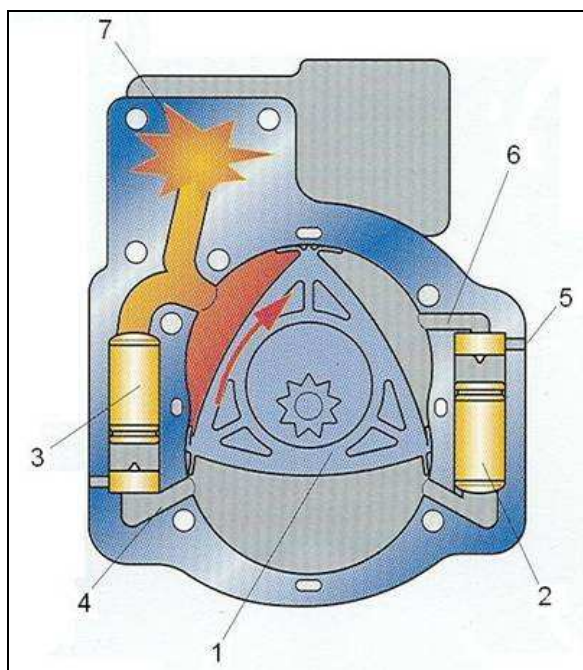
Obr. č. 18 Cívka odvíjecího zařízení soupravy bezpečnostního pásu s předpínačem (převzato z [23])

Tlak způsobený výbuchem také může působit na zásobník s ocelovými kuličkami nebo na rotační mechanismus pracující na principu Wankelova motoru. Oba zmíněné mechanismy pootočí cívku navíjecího zařízení stejně jako v případě pístu, který tahá za lanko.

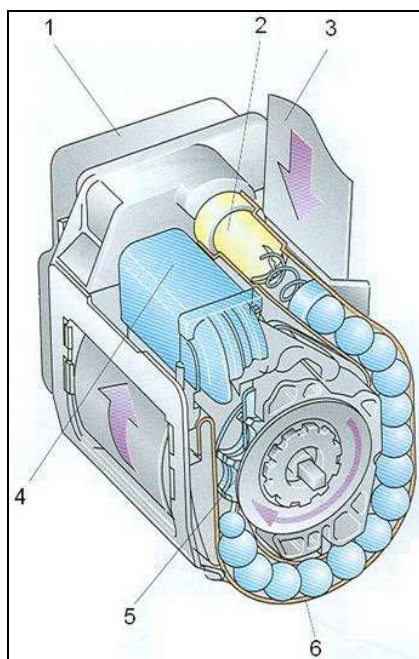


Obr. č. 19 Předpínací zařízení použité u Škody Octavia (princip Wankelova motoru)
(převzato z [27])

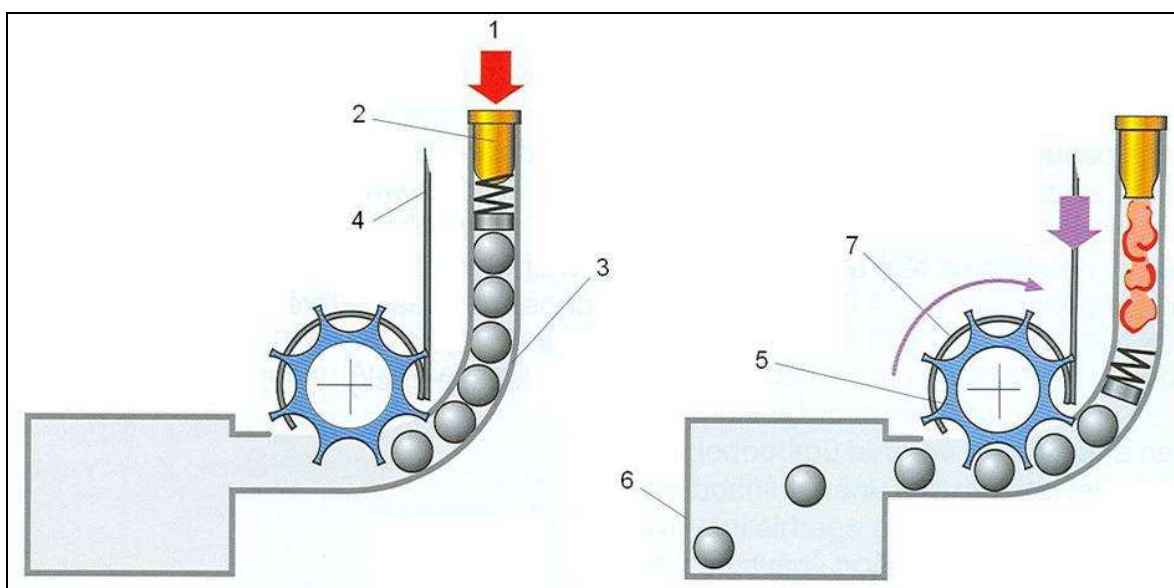
1 – navíjecí mechanismus, 2 – mechanický spouštěč, 3 – primární plynový generátor,
4 – rotační píst



Obr. č. 20 Řez rotačním pístem předpínacího zařízení Škoda Octavia (převzato z [27])
1 – rotační píst (obdoba Wankelova motoru), 2 – sekundární plynový generátor, 3 – terciální generátor, 4 – druhý přepouštěcí kanál, 5 – vypouštěcí kanál, 6 – první přepouštěcí kanál,
7 – zapalování primárního plynového generátoru



Obr. č. 21 Předpínací zařízení použité u Škody Superb (kuličkový zásobník)
(převzato z [27])



Obr. č. 22 Řez kuličkovým předpínacím zařízením Škoda Superb (převzato z [27])

1 – vyvíječ, 2 – plynový generátor s pyropatronou, 3 – kuličky, 4 – bezpečnostní pás,
5 – ozubené kolo, 6 – zásobník ocelových kuliček, 7 – cívka bezpečnostního pásu

Aktivační podmínky předpínacího zařízení

O aktivaci pyrotechnického předpínacího zařízení rozhoduje snímač zrychlení, který je součástí řídicí jednotky. Předpisy EHK hodnoty aktivačních podmínek předpínače neuvádějí. Dle zdroje [23] musí dojít k aktivaci předpínače vždy o zlomek sekundy dřív, než dojde k aktivaci airbagu. Plná účinnost, dle zdroje [6], nastane při nárazu v rychlosti 50km/h do prvních 20ms od nárazu. Tato hodnota je však pouze orientačního charakteru, každý

výrobce ji stanovuje sám. Maximální dopředný posuv cestujícího se redukuje na 1cm. Průběh mechanického napnutí trvá 5 až 12ms. Pokud je vozidlo vybaveno bezpečnostními vaky, vždy musí být také vybaveno předpínací pásů. Aktivace předpínacího zařízení bezpečnostního pásu musí být optimalizována pro ideální součinnost s airbagem. Zvýší se tak celková účinnost zádržného systému při nárazu.

Známky aktivace předpínacího zařízení

Předpínací zařízení se dá použít pouze jednou, poté se musí celý systém vyměnit. Dle zdroje [23] je příkladem indikace použití předpínacího zařízení nesprávná funkce navíječe bezpečnostního pásu a poloha pístu pyrotechnického zařízení v horní pozici.

Omezovač tahu

Aby síla, kterou působí bezpečnostní pás na tělo cestujícího při zachycení těla během nárazu, nepřekročila hodnotu mezi výše popsaných biomechanických limitů a nedošlo k poranění pánve nebo hrudníku, bývá pás vybaven omezovačem tahu nazývaným také omezovač síly. Podle zdroje [3] omezovač síly 80 až 110 ms po nárazu uvolní napnutí pásu.

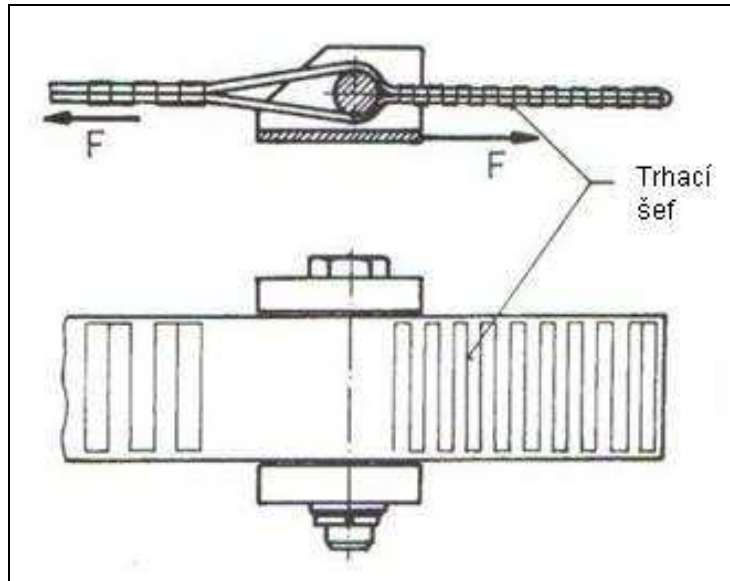
Zdroj [5] (předpis EHK č. 16) definuje předpínací zařízení takto:

„Zařízení začleněné do navíječe, omezující automaticky tah popruhu, když je bezpečnostní pás zapnut. Když je pás uvolněn, zařízení se automaticky vypne“.

Mechanismus omezení síly, kterou působí pás na hrudník cestujícího, bývá nejčastěji řešen:

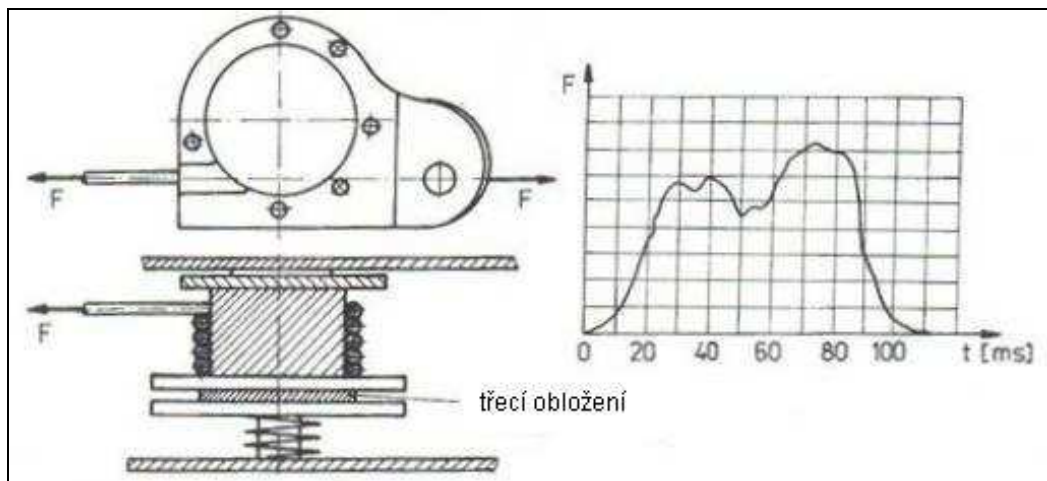
- destrukcí pásu
- suchým třením
- plastickou deformací

K destrukci pásu dochází pomocí trhacího švu. Síla, kterou působí bezpečnostní pás na hrudník cestujícího při nárazu, je snížena v průběhu postřetového děje roztrhnutím trhacího švu bezpečnostního pásu. Trhací šev je součástí bezpečnostního popruhu. Dojde tedy k destrukci popruhu (obr.č. 23).



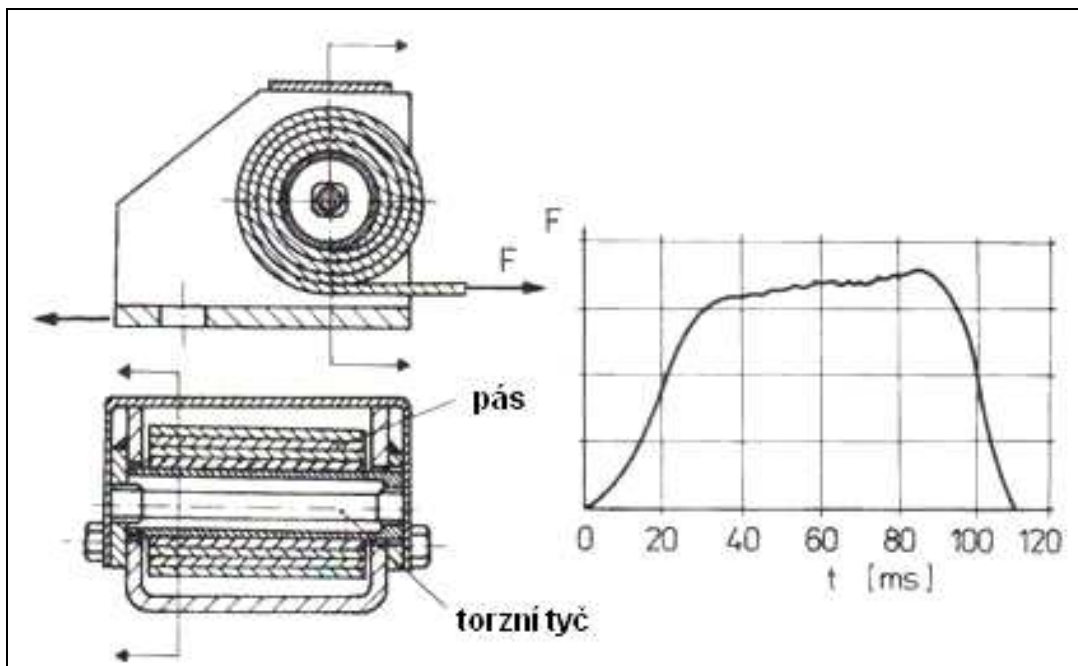
Obr. č. 23 Trhací šev bezpečnostního pásu

U mechanismu suchým třením je síla (obr.č. 24), kterou působí bezpečnostní pás na hrudník cestujícího při nárazu, snížena třením ploch třecího obložení na cívce pásu v odvíjecím zařízení.



Obr. č. 24 Cívka s třecím obložním a graf průběhu síly působící na hrudník cestujícího při nárazu

U mechanismu s plastickou deformací torzní tyče (obr. č.25) je síla, kterou působí bezpečnostní pás na hrudník cestujícího při nárazu snížena a lépe rozložena deformací torzní tyče na cívce odvíjecího zařízení.

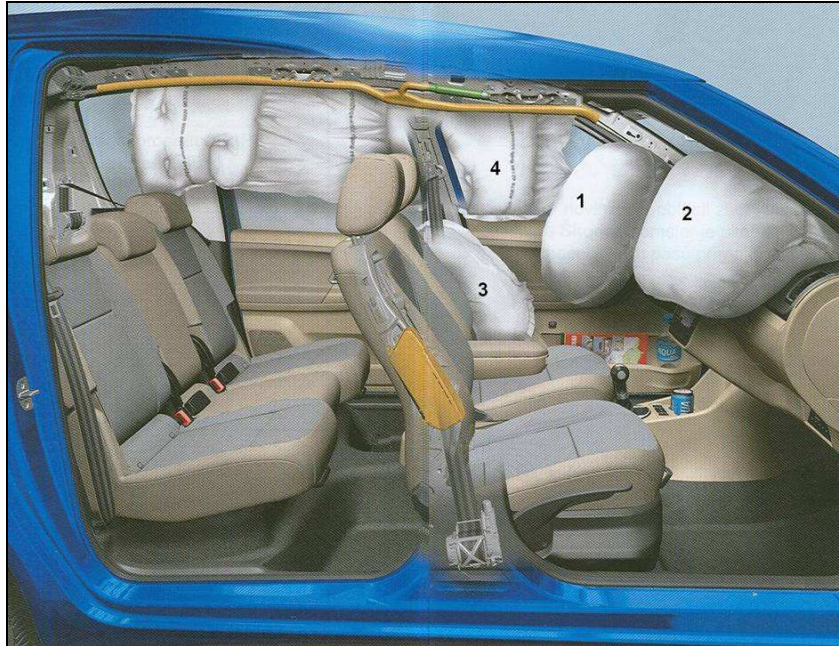


Obr. č. 25 Odvíjecí zařízení s deformovatelnou torzní tyčí a graf průběhu síly působící na hrudník cestujícího při nárazu

Průběh síly působící na hrudník cestujícího při nárazu je nejplynulejší při použití omezovače síly v podobě deformovatelné torzní tyče odvíjecího zařízení. Síla, kterou působí pás na hrudník při nárazu v době mezi úplným napnutím pásu a relaxací pásu se nemění skokově. Na rozdíl od omezovače řešeného trhacím švem a cívkou s třecím obložením, z jejichž průběhů síly působící na hrudník při nárazu jsou patrné skokové změny. V současné době jsou používány i jiné mechanismy omezovačů síly v pásu. Každý výrobce používá svůj systém a informace o podrobnostech jeho mechanismu neposkytuje. Na činnost omezovače síly nejsou v předpisech EHK kladeny normativní požadavky.

5.4 BEZPEČNOSTNÍ NAFUKOVACÍ VAKY

Bezpečnostní nafukovací vaky jsou nazývány také airbagy. Bezpečnostní nafukovací vaky mají za úkol přímo ochránit příslušnou část těla cestujícího před nárazem do vybavení interiéru vozidla (např. palubní deska v případě spolujezdce, volant v případě řidiče), a tím předcházet zraněním při nárazu. Jde o pasivní zádržný systém. Na Obr. č. 26 jsou zobrazeny různé typy nafukovacích bezpečnostních vaků a jejich umístění ve vozidle Škoda Roomster.



Obr. č. 26 Druhy bezpečnostních vaků: 1. čelní airbag řidiče, 2. čelní airbag spolujezdce, 3. boční airbag, 4. hlavový airbag (zdroj [27])

Zdroj [6] (předpis EHK č.16) definuje airbag cestujícího jako:

„Airbagem cestujícího se rozumí souprava airbagu určená k ochraně osob sedících na sedadlech jiných než na sedadle řidiče při čelním nárazu. Soupravou airbagu se rozumí zařízení instalované jako doplněk bezpečnostních pásů a zádržných systémů v motorových vozidlech, tj. systém, který v případě silného nárazu vozidla automaticky rozvine tlakem plynu v něm obsaženého pružný polštář tak, aby se omezila intenzita dotyku jedné nebo více částí těla osoby ve vozidle s vnitřním povrchem prostoru pro cestující.“

Zdroj [19] (předpis EHK č. 94) definuje následující pojmy týkající se airbagů:

„Airbagovým systémem se rozumí skupina konstrukčních částí, která po zabudování do vozidla/vozidel plní všechny výrobcem stanovené funkce. Tento systém zahrnuje minimálně uvolňovací jednotku, která aktivuje jeden nebo více modulů airbagů, a elektrickou kabeláž, pokud existuje.“

„Airbagem se rozumí pružný materiál tvořící uzavřený prostor, do něhož se dostává plyn z vyvíječe plynu a který zadržuje cestujícího.“

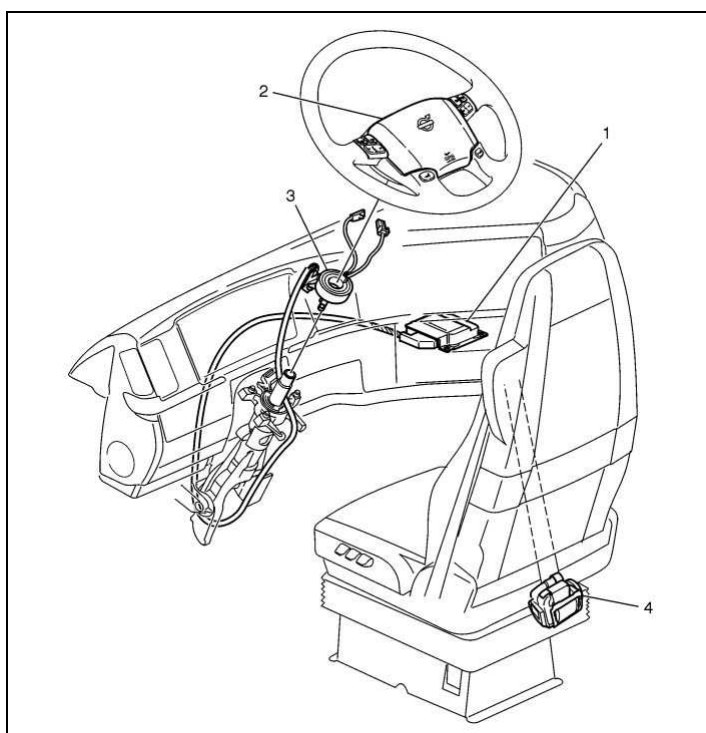
„Náhradním airbagovým systémem se rozumí airbagový systém k dovybavení, který se dodává k úpravě motorového vozidla a který se od případného původního airbagového systému dodaného výrobcem pro toto vozidlo může lišit funkčními rozměry, podobou, materiálem nebo fungováním.“

5.4.1 Komponenty systému airbagu

Systém nafukovacích bezpečnostních vaků se skládá z tří hlavních částí:

- modul bezpečnostního vaku
- řídicí (diagnostická) jednotka
- snímač zrychlení

Na obr. č. 27 je znázorněno umístění komponentů konkrétního systému bezpečnostních vaků v nákladním vozidle Volvo. Jak bylo uvedeno výše, je nutná vazba na systém bezpečnostního pásu (v konkrétním případě na jeho předpínač).



Obr. č. 27 Systém SRS Volvo (převzato z [24])

1. řídicí jednotka, 2. modul bezpečnostního vaku, 3. kontaktní bubínek, 4. předpínač bezpečnostního pásu

Modul bezpečnostního nafukovacího vaku

Modul bezpečnostního vaku je část soupravy airbagu, ve které je ukryt složený bezpečnostní nafukovací vak a zdroj energie pro jeho rozvinutí – pyrotechnická rozbuška. Modul bezpečnostního vaku bývá ukryt v příslušné části interiéru vozidla. Nejčastěji ve středové části volantu, v přístrojové desce nebo v sedadle.

Zdroj [19] (předpis EHK č. 114) definuje modul airbagu jako:

„Modulem airbagu“ se rozumí nejmenší montážní podsestava skládající se ze zdroje energie pro rozvinutí a z airbagu, který se rozvinuje

Stejný předpis rozděluje moduly airbagu do 4 kategorií:

- „*kategorie A: zařízení určené k ochraně řidiče vozidla v případě čelní srážky*“
- „*kategorie B: zařízení určené k ochraně cestujícího/cestujících na předním sedadle vyjma řidiče v případě čelní srážky*“
- „*kategorie C: zařízení určené k ochraně cestujícího/cestujících na jiných než předních sedadlech v případě čelní srážky*“
- „*kategorie D: zařízení určené k ochraně cestujícího/cestujících na předním sedadle v případě boční srážky*“

Ze zdroje [19] (předpis EHK č. 114) je patrné, že rozdělení modulů bezpečnostních vaků do kategorií bylo vytvořeno podle umístění v interiéru a typu nárazu.

Poté, co je vyslán z řídicí jednotky signál pro aktivaci bezpečnostních vaků, v modulu bezpečnostního vaku vyvine generátor plyn, který naplní bezpečnostní nafukovací vak. Dle [3] a [6] je vak zhotoven z polyamidového vlákna bez další nanášené vrstvy a je plněn plynným dusíkem. Vak má ve spodní části dva vypouštěcí otvory. Vzhledem k plynulému unikání plynu se pohybová energie při ponoření vrchní části těla cestujícího do vaku postupně zmenšuje. Proto se může ponořit vrchní část těla cestujícího do vaku, aniž by došlo k odrazu cestujícího.

Řídicí jednotka a aktivační podmínky

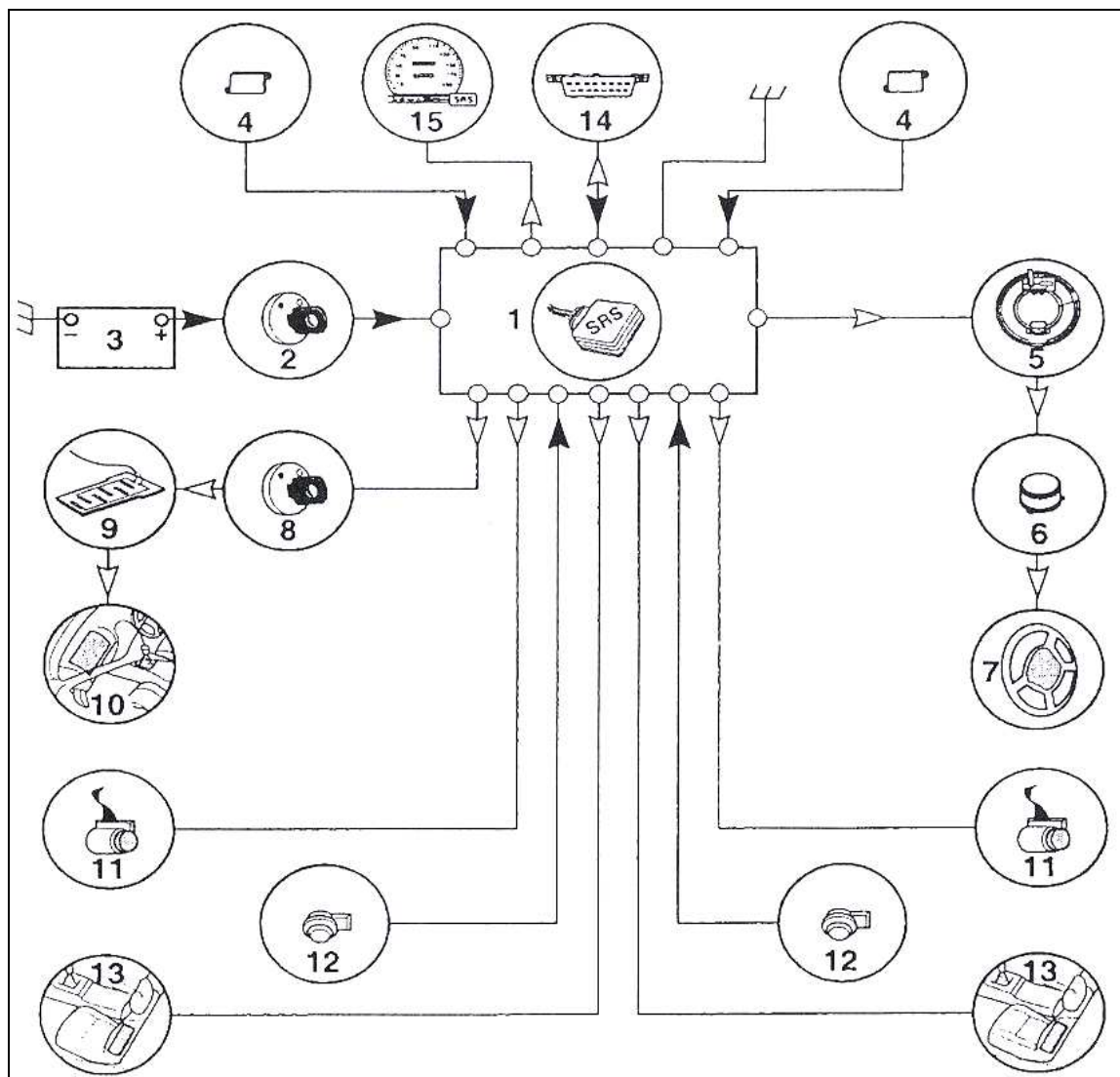
Řídicí jednotka vyhodnocuje údaje ze snímače zrychlení (resp. zpomalení) a pokud rozhodne o aktivaci, vyšle signál pro aktivaci předpínače a pro uvolnění bezpečnostního vaku do modulu bezpečnostního vaku. Řídicí jednotka může být také nazývána diagnostickou nebo uvolňovací.

Zdroj [19] předpis EHK č. 114 definuje řídicí jednotku jako:

„Řídicí jednotkou nebo uvolňovací jednotkou“ se rozumí montážní podsestava, která zahrnuje veškeré konstrukční části, které umožňují zjištění srážky a zajišťují uvolnění airbagu.

Elektronická řídicí jednotka tedy měří jedním nebo více snímači zrychlení, které vzniká při nárazu. Zjednodušeně lze říci, že diagnostická jednotka analyzuje změnu rychlosti v čase. Posuzuje také náraz tak, aby nedošlo k aktivaci při úderu klavírem, menší nehodě nebo při jízdě přes obrubník. Parametry citlivosti uložené v řídicí jednotce byly určeny pomocí nárazových zkoušek. Parametry citlivosti – aktivační podmínky jsou rozdílné dle konkrétního vozidla a typu výbavy. Každý výrobce je určuje sám pro daný typ vozidla

a airbagu. Hodnota zpomalení při kterém může dojít k aktivaci bezpečnostních vaků se pohybuje dle [3] a [6] okolo 12,3g. Signál k aktivaci airbagů může obecně být vyslán až při intenzitě nárazu stejné jako při nárazu vozidla do nedeformovatelné překážky v rychlosti cca 15 až 30 km/h.



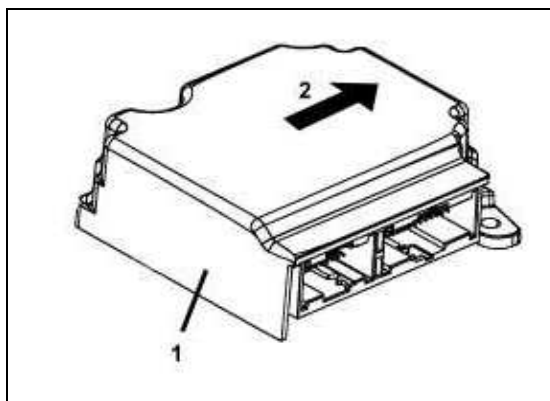
Obr. č. 28 Vyhodnocování signálů řídicí jednotkou SRS (převzato z [3])

1. řídicí jednotka systému, 2. spínač zapalování motoru, 3. baterie, 4. čelní čidla nárazu
 5. kroužek se spirálovým kabelem, 6. vyvíječ plynu, 7. airbag řidiče, 8. vypínač airbagu spolujezdce, 9. snímač obsazení sedadla spolujezdce, 10. airbag spolujezdce, 11. napínače bezpečnostních pásů, 12. boční čidla nárazu, 13. boční airbagy, 14. diagnostická přípojka, 15. kontrolka systému airbagů

Z obr. č. 28 a jeho legendy je zřejmé, jaké údaje řídicí jednotka vyhodnocuje před aktivací airbagů a předpínačů bezpečnostních pásů.

Nyní jsou navíc při vyhodnocování používány také tyto parametry: pozice a hmotnost cestujícího, poloha sedadla, sklon opěradla. Řídicí jednotky budou v blízké budoucnosti pracovat s algoritmy z krátkovlnných radarů. Krátkovlnné radary dokážou rozpoznat náraz

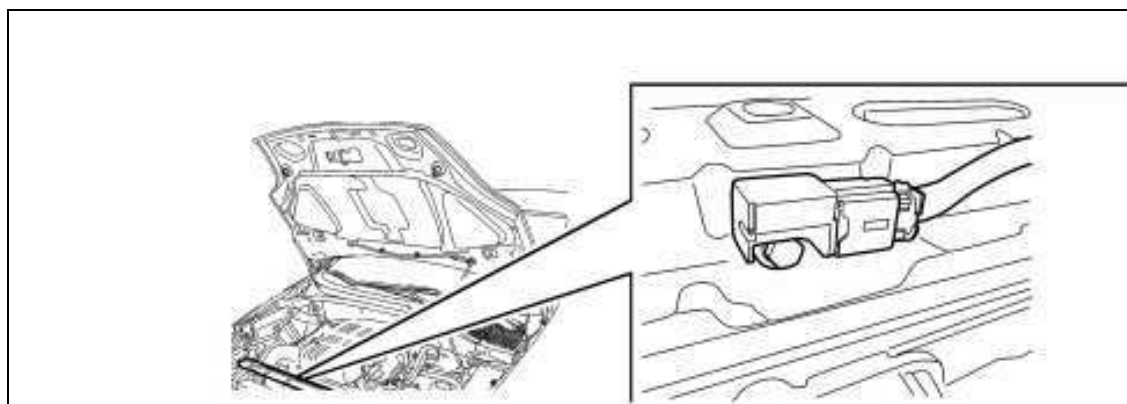
dřív než snímače zpomalení a diagnostická jednotka pak může vozidlo lépe připravit na náraz. Ještě před nárazem dojde k předepnutí pásu, upraví se poloha a tuhost vozidel, zavřou se všechna okna. Diagnostická jednotka tímto vytvoří lepší podmínky pro použití zádržných systémů. Zádržný systém je pak lépe optimalizovaný a zvýší se tak pasivní bezpečnost. Řídicí jednotka je většinou umístěna v přední části středového nosníku karosérie.



Obr. č. 29 Řídicí jednotka Fiat : 1.řídicí jednotka Fiat, 2.směr jízdy (převzato z [25])

Snímač zrychlení

Snímač zrychlení měří zrychlení a přenáší jeho hodnoty do řídicí jednotky. Uvnitř snímače zrychlení jsou povrchové mikromechanické snímače zrychlení. Ty se skládají z nehybných a pohyblivých jemných struktur a pružinových lamel tvořících systém pružina – setrvačná hmotnost. Systém pružina – setrvačná hmotnost je umístěn na povrch křemíkové destičky („wafer“). Snímače mohou být umístěny v jednom pouzdře s vyhodnocovací jednotkou nebo na jiném místě ve vozidle – tzv.satelitní snímače. Satelitní snímače jsou umístěovány co nejbližší k pravděpodobnému místu nárazu, což zvýší rychlost reakce systému.

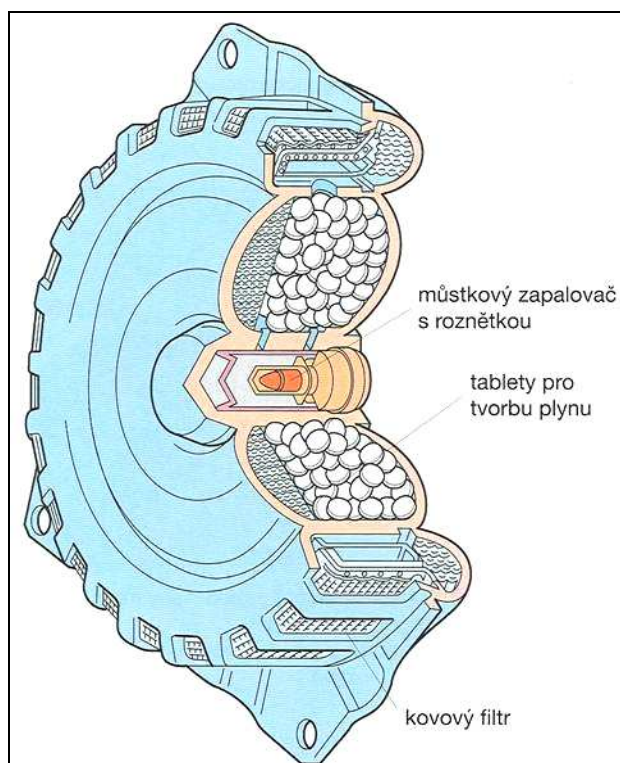


Obr. č. 30 Satelitní snímač čelního zrychlení Fiat (převzato z [25])

5.4.2 Princip činnosti bezpečnostních nafukovacích vaků

Obecně lze shrnout princip činnosti soupravy airbagu do následujících tří kroků:

1. Vyhodnocení algoritmů ze snímačů zpomalení řídicí jednotkou a vyslání signálu k roznětkám předpínačů a bezpečnostních vaků.
2. Po explozi roznětky v bezpečnostním vaku dojde k zažehnutí pyrotechnické patrony, vyvinutí plynu (granule nitridu sodíku) a tím k naplnění bezpečnostního vaku vygenerovanou směsí dusíku a oxidu uhličitého. Dle zdroje [3] a [6] se čelní airbag naplní během cca 40 ms.



Obr. č. 31 Vyvíječ plynu (převzato z [25])

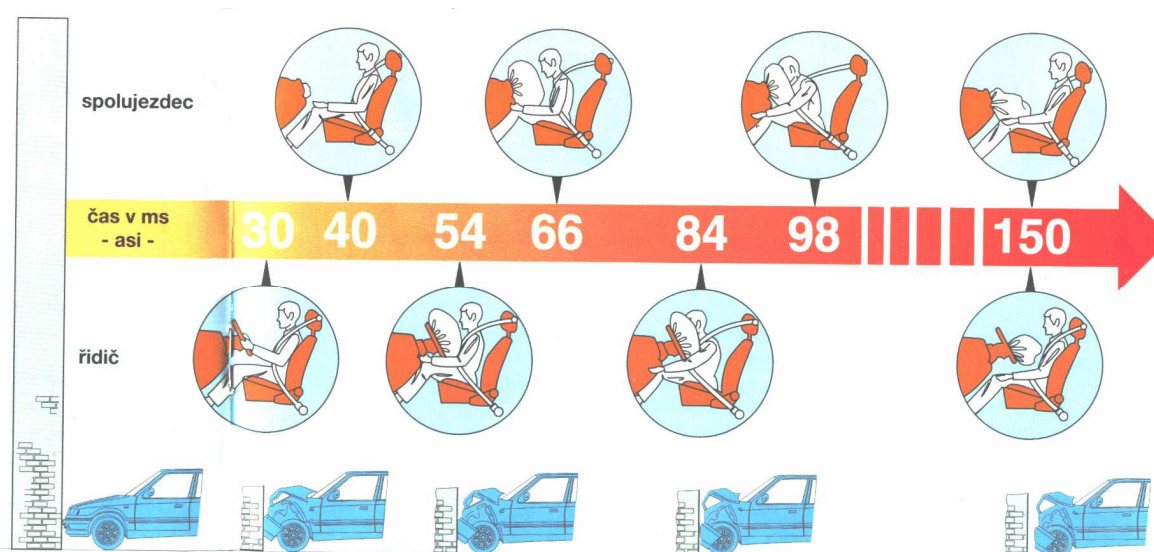
3. Vyprázdňení trvá dle zdroje [3] a [6] cca 80 až 100ms a dochází k němu pomocí otvorů ve vaku nebo prodyšného materiálu, z kterého je vak vyroben. Vyprázdňením (škrcením unikajícího plynu) dochází k absorpci energie.

Pro maximalizaci ochranného účinku při tomto procesu je potřeba dokonalá souhra pyrotechnických elektricky odpalovaných airbagů a předpínačů bezpečnostních pásů tzn. optimalizace načasování. Proto je ovládání těchto komponent u většiny vozidel sdruženo do jedné elektronické řídicí jednotky zabudované v karoserii vozidla (např. systémy SRS u Volva).

5.4.3 Časový průběh aktivace airbagu pro řidiče a spolujezdce

Pro demonstraci časového průběhu aktivace a rozvinutí airbagu pro řidiče a spolujezdce je popsán průběh nehodového děje ve vozidle Škoda Felicia od okamžiku nárazu z výchozí rychlosti 56 km/h až do úplného zastavení. Průběh aktivace airbagu je však u každého vozidla jiný a originální. Lze předpokládat, že u novějších aut je průběh aktivace airbagu rychlejší.

- 0 ms počátek nárazu
- 25 ms elektronický senzor aktivuje odpálení roznětky pro tvorbu plynu v modulu pro řidiče
- 30 ms vak se začíná plnit a kryt řidičova modulu se trhá
- 35 ms aktivuje se odpálení roznětky modulu pro spolujezdce a vak se začíná plnit
- 40 ms po otevření krytu modulu pro airbag spolujezdce se vak zcela naplní
- 54 ms řidičův vak je naplněn a řidič se začíná ponořovat do vaku
- 66 ms spolujezdcův vak je naplněn a spolujezdec padá do vaku
- 84 ms řidič je maximálně ponořen do vaku a začíná se pohybovat zpět od volantu
- 98 ms spolujezdec je maximálně ponořen a také se začíná pohybovat zpět
- 150 ms řidič a spolujezdec se pohybují zpět do sedaček, vaky se vyprazdňují a prostor před cestujícími je opět volný



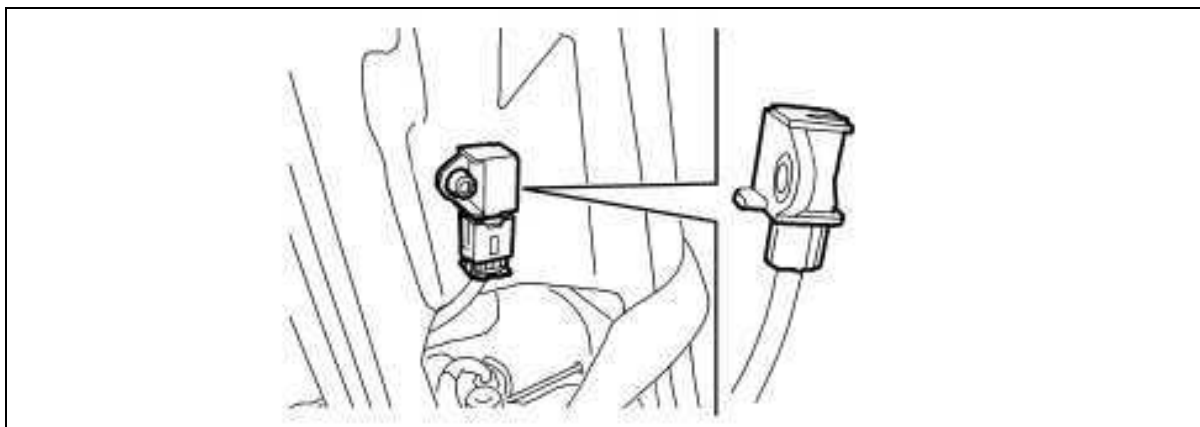
Obr. č. 32 Činnost zádržného systému při nárazu (převzato z [25])

5.4.4 Čelní bezpečnostní vaky

Čelní bezpečnostní vaky slouží k ochraně cestujícího před poraněním hlavy o interiér vozu při čelním nárazu. Dle zdroje [3] jsou při čelním nárazu do pevné překážky airbagy schopny ochránit cestujícího do 60km/h. Naplněný vak pro řidiče má objem cca 35 až 65 l, pro spolujezdce cca 60l.

5.4.5 Boční bezpečnostní nafukovací vaky

Funkcí bočních bezpečnostních vaků je ochrana hrudníku a bederních partií osob cestujících na předních sedadlech při bočním nárazu. Snímač bočního nárazu je umístěn pod sedákem předního sedadla. Boční airbag má při naplnění plynem objem cca 12 až 25l.



Obr. č. 33 Satelitní snímač bočního zrychlení Fiat (zdroj interní)

5.4.6 Hlavový bezpečnostní nafukovací vak

Dle zdroje [28] je funkcí hlavových bezpečnostních vaků ochránit hlavu cestujícího při nárazu. Objem vaků po naplnění plynem je přibližně 35 litrů a jsou zabudovány ve stropním obložení nad bočním sloupkem karoserie. Vaky se v případě bočního nárazu rozvinou jako „nafukovací matrace“ podél bočních oken vozu.

5.5 NAFUKOVACÍ BEZPEČNOSTNÍ PÁSY

Inovací v oblasti vývoje zádržných systémů je spojení bezpečnostního pásu s bezpečnostním nafukovacím vakem. Jeho uvedení do sériové výroby ohlásila automobilka Ford na rok 2010.

Dle informací z [22] při běžné jízdě bez nehody poskytuje nafukovací bezpečnostní pás stejný, ne-li větší komfort jako běžný bezpečnostní pás. Po aktivaci při vážnější nehodě se nafukovací pás rozvine okolo trupu těla během 40 ms.

Nafukovací vaky v bezpečnostních pásech mají dle zdroje [22] válcový tvar a nafukují se stlačeným chladným plynem, který do nich proudí skrz speciálně konstruovanou sponu z nádržky uložené pod sedadlem. Jakmile se začne plnit vzduchem, prorazí nafukovací vak textilii bezpečnostního pásu a roztáhne se do stran okolo trupu cestujícího.

Při použití expanze stlačeného chladného plynu namísto vygenerování plynu chemickou reakcí nedochází k nežádoucím efektům jako je zahřátí bezpečnostního vaku.

Po nafouknutí se nárazová energie rozloží dle zdroje [22] do 5x větší plochy než u běžného bezpečnostního pásu, což vede k menšímu zatížení hrudníku a snižuje riziko nekontrolovatelného pohybu hlavy a krku cestujícího. Nafukovací bezpečnostní pás byl vyvinut pro cestující zejména na zadních sedadlech. Cílem jeho vývoje bylo omezit četnost a závažnost poranění hlavy, krku a hrudníku u cestujících.



Obr. č. 34 Nafukovací bezpečnostní pás (převzato z [22])

6 POSTUP PŘI SCHVALOVÁNÍ ZÁDRŽNÉHO SYSTÉMU PODLE PŘEDPISŮ EHK

Postup v praxi, který předchází schválení a získání homologace zádržného systému se dá rozdělit do 4 fází, které se mohou dle konkrétní situace časově překrývat.

6.1 FÁZE 1 – PŘÍPRAVA TECHNICKÉ DOKUMENTACE

V první fázi žadatel o homologaci zádržného systému připravuje technickou dokumentaci pro zkoušky v akreditované zkušebně a technickou dokumentaci pro přiložení k Žádosti o schválení zádržného systému. Žadatelem dle zdroje [5] může být pouze výrobce nebo jeho pověřený zástupce.

Součástí technické dokumentace, jako podkladu pro provedení zkoušek v akreditované zkušebně jsou zejména výkresy komponent zádržného systému a jejich umístění ve vozidle. Při zkouškách pak lze podle této dokumentace dodržet správnou geometrii uchycení pásu, a tím navodit podmínky blížíící se podmínkám při běžném používání ve skutečném vozidle.

Přesná specifikace technické dokumentace přiložené k Žádosti o schválení je uvedena v konkrétních předpisech EHK a liší se v závislosti na schvalovaném zádržném systému a jeho typu. Obecně tato dokumentace obsahuje: výkresy celkové konstrukce vozidla ve vhodném měřítku s polohami komponent zádržného systému, podrobné výkresy komponent zádržného systému a specifikace použitých materiálů. V některých případech musí být k žádosti o schválení také přikládána tzv. obchodní dokumentace. Součástí obchodní dokumentace je Návod k montáži zádržného systému a seznam servisních středisek.

6.2 FÁZE 2 – ZKOUŠENÍ VZORKŮ ZÁDRŽNÉHO SYSTÉMU

V druhé fázi žadatel dodá potřebné vzorky (celé vozidlo nebo jeho části) do příslušné akreditované zkušebny. Počet vzorků a jejich konkrétní specifikace je rozdílná podle konkrétního zádržného systému a řídí se příslušným předpisem EHK.

Poté jsou vzorky v akreditované zkušebně podrobeny zkouškám. Zkoušky jsou rozdílné dle konkrétního typu zádržného systému. Metodika zkoušek je podrobně popsána v přílohách příslušného předpisu EHK.

Výstupem ze zkoušek je protokol. V protokolu je zaznamenán průběh zkoušek a jsou v něm porovnány naměřené hodnoty s hodnotami předepsanými (normativními požadavky) v konkrétním předpisu EHK.

6.3 FÁZE 3 – PODÁNÍ ŽÁDOSTI O SCHVÁLENÍ ZÁDRŽNÉHO SYSTÉMU

Žádost o schválení zádržného systému podává žadatel na ministerstvo dopravy (odbor silniční dopravy). Vzor žádosti je v příloze č. 1 předpisu EHK č.16. K žádosti musí být přiložena technická dokumentace, certifikát výrobce o splnění ISO a protokol o zkouškách zádržného systému.

6.4 FÁZE 4 – SAMOTNÁ HOMOLOGACE

Žádost je na Ministerstvu dopravy posouzena a pokud splní všechny náležitosti uvedené v příslušném předpisu EHK, je rozhodnuto o schválení zádržného systému. V opačném případě dojde k zamítnutí homologace. Po úspěšné homologaci je zádržnému systému udělena evropská homologační značka a žadatel si může po zaplacení kolků vyzvednout zprávu o udělení, odmítnutí homologace, rozšíření nebo odejmutí homologace nebo ukončení výroby. Vzor této zprávy je v příloze 1 předpisu EHK č.16.

7 NORMATIVNÍ POŽADAVKY KLADENÉ NA ČINNOST BEZPEČNOSTNÍCH PÁSŮ

Tato problematika je řešena zejména v předpise Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (dále EHK OSN) č. 16. Předpis č.16 je přílohou Dohody o přijetí jednotných technických pravidel pro kolová vozidla, zařízení a části, které se mohou montovat a/nebo užívat na kolových vozidlech a o podmínkách pro vzájemné uznávání homologací, udělených na základě těchto pravidel.

7.1 PŘEDPIS EHK Č. 16

V předpisu EHK č.16 jsou jednotná ustanovení týkající se homologace (zdroj [5]):

- I. „bezpečnostních pásů, zádržných systémů, dětských zádržných systémů a dětských zádržných systémů ISOFIX pro cestující v motorových vozidlech“
- II. „vozidel vybavených bezpečnostními pásy, dětskými zádržnými systémy a dětskými zádržnými systémy ISOFIX“

Předpis se skládá z patnácti kapitol a osmnácti příloh. V jednotlivých kapitolách je uvedena oblast působnosti, definice, žádost o homologaci, značení, homologace, specifikace, zkoušky, požadavky na instalaci ve vozidle, shodnost výroby, postihy za neshodnost výroby, úpravy a rozšíření homologace typu vozidla nebo bezpečnostního pásu nebo zádržného systému, ukončení výroby, návod, názvy a adresy technických zkušeben a orgánů státní správy, přechodná ustanovení.

7.2 SCHVALOVÁNÍ BEZPEČNOSTNÍCH PÁSŮ

Schvalování bezpečnostního pásu se řídí ustanoveními v předpise EHK č.16. Bezpečnostní pás lze schvalovat v rámci schvalování typu vozidla jako celku nebo samostatně jako schválení typu bezpečnostního pásu.

Homologace typu vozidla

Vozidlo je v tomto případě schvalováno jako celek. Z hlediska zádržných systémů je kontrolováno splnění požadavků na instalaci ve vozidle. Mezi požadavky na instalaci zádržného systému ve vozidle patří zejména požadavky na ergonomii bezpečnostního pásu, vybavení příslušného typu vozidla příslušným typem bezpečnostního pásu a vybavení vozidla

signalizačním zařízením zapnutí bezpečnostních pásů. Skupina požadavků na ergonomii je reprezentována např. následujícími požadavky: popruhy nesmějí vzájemně zaujímat pro cestující nebezpečné konfigurace, pás nesmí sklouznout z ramene ani při předklonění, konstrukce a montáž pásu musí být provedena tak, aby byl pohotově a snadno k dispozici cestujícímu; tuhé části, jako jsou spony, seřizovací zařízení a úchyty nesmějí zvětšovat riziko zranění uživatele nebo jiných osob ve vozidle v případě nehody. Zařízení k uvolňování spony bezpečnostního pásu musí být zřetelně viditelné, spona musí být uvolnitelná jedním jednoduchým pohybem proveditelným jednou rukou, pás se musí automaticky nastavovat dle těla cestujícího nebo musí být vybaven dobře dostupným a jednoduše obsluhovatelným seřizovacím zařízením atd.

Homologace typu bezpečnostního pásu

Bezpečnostní pás je v tomto případě schvalován jako samostatná část. Kontrolováno je splnění stejných požadavků, které musí být splněny při homologaci typu vozidla.

7.3 KONKRÉTNÍ NORMATIVNÍ POŽADAVKY KLADENÉ NA ČINNOST SOUPRAVY BEZPEČNOSTNÍHO PÁSU

V předpisu EHK č. 16 jsou uvedeny normativní požadavky na činnost bezpečnostních pásů. V tabulkách tab. č.6 až tab. č. 10 jsou tyto požadavky shrnuty a vztaheny k jednotlivým částem soupravy bezpečnostního pásu. V tabulkách je také uveden způsob, jakým se požadavek ověřuje, většinou jde o nějaký typ zkoušky.

V tabulkách a dalším textu je používán termín kondicování. Zdroj [26] definuje pojem kondicování jako: „přizpůsobování, přizpůsobení materiálu určitým vlivům (vlhka, tepla, tlaku apod.)“. V souvislosti se zkouškami prováděnými na vzorcích komponent zádržného systému lze kondicování vysvětlit jako podrobování komponent zádržného systému působení vnějších vlivů, kterým jsou komponenty vystaveny při běžném dlouhodobém provozu, např. cyklické zatěžování, prašné prostředí atd.

Tab. č. 6 Normativní požadavky kladené na sponu bezpečnostního pásu

Požadavky na technické řešení spony: / design/ergonomičnost		Jednotky	Hodnota	Způsob ověření	
vyloučeno nesprávné použití		–	Ano/Ne	Vizuální kontrola	
polozapnutý stav nepřipustný		–	Ano/Ne		
zaměnitelnost částí nepřipustná		–	Ano/Ne		
plocha kontaktu spony s uživatelem		cm ²	≥ 20	Měřením	
šířka v kontaktu spony s uživatelem		mm	≥ 46	Měřením a výpočtem	
i nezatížený drží zapnutý v každé poloze		–	Ano/Ne	Nutno vyzkoušet	
snadné používání i uchopení		–	Ano/Ne	Nutno vyzkoušet	
rozepínací síla bez zatížení		N	≥ 10	Měřením	
tlačítko musí být červené, ostatní části ne		–	Ano/Ne	Vizuální kontrola	
tlačítko	plocha	zapuštěné	cm ²	≥ 4,5	Měřením a výpočtem
		nezapuštěné		≥ 2,5	
	šířka	zapuštěné	mm	≥ 15	
		nezapuštěné		≥ 10	
Požadavky na činnost spony		Jednotky	Hodnota	Způsob ověření	
Cyklické namáhání - normální rozpínání a zapínání před korozní zkouškou		cyklus	5.000	Rozepínáním a zapínáním na zkušebním stroji	
Odolnost proti korozi		–	Ano/Ne	Zkouška odolnosti proti korozi	
Cyklické namáhání - normální rozpínání a zapínání po korozní zkoušce		cyklus	500	Rozepínáním a zapínáním na zkušebním stroji	
Tepelné namáhání zapnutí		–	Ano/Ne	Zapnutí po 2 hod. v teplotě –10 °C	
rozepínací síla po dynamické zkoušce		N	≤ 60	Zkouška rozpínání spony	
Mez pevnosti	zatížení spony na připevňovacím kování	kN	≥ 14,7	Statická zkouška meze pevnosti	
	zatížení spony se seřizovacím zařízením připojené ke zkušebnímu stroji součástmi soupravy pásu	kN	≥ 9,8		
	zatížení spony s průvlakem popruhu u horního kotevního úchytu pásu	kN	≥ 9,8		

Mez pevnosti se zkouší na celé soupravě bezpečnostního pásu. Zkouška končí poté, co dojde k destrukci jedné z částí soupravy bezpečnostního pásu. Hodnota meze pevnosti při destrukci první ze součástí se porovná s požadovanou hodnotou meze pevnosti a zkouška dále nepokračuje. Mez pevnosti ostatních částí se neurčuje, konstatuje se pouze, že mají větší mez pevnosti, než součást, která praskla jako první.

Dle sdělení akreditovaných zkušeben v České republice, dojde při statické zkoušce pevnosti v tahu nejčastěji k destrukci spony bezpečnostního pásu.

Tab. č. 7 Normativní požadavky kladené na navíječ s nouzovým blokováním:

Požadavky na	Upřesnění požadavku	Jednotky	Hodnota	Způsob ověření	
Mez pevnosti v tahu	navinuto [450 mm]	kN	$\geq 9,8$	Statická zkouška meze pevnosti	
	odvinuto		$\geq 14,7$		
Blokování	blokuje při zpoždění vozu	type 4	$\leq 0,45$	Citlivost navíječe na zrychlení a na zrychlení popruhu je zkoušena na zařízení ke zkoušení blokování navíječů s nouzovým blokováním	
		type 4N	$\leq 0,85$		
	odvinutí popruhu před blokováním		mm		≤ 50
	neblokuje při zrychlení pásu	type 4	g*		$< 0,8$
		type 4N			$< 1,0$
	blokuje při zrychlení popruhu	type 4	g*		0,8 – 2,0
		type 4N			1,0 – 2,0
	odvinutí popruhu před blokováním		mm		≤ 50
	neblokuje při náklonu libovol. směrem		úhlový stupeň		$\leq 12^\circ$
	musí blokovat při náklonu do libovoného směru	typ 4 type 4			$> 12^\circ$
typ 4N type 4N		$\leq 27^\circ$			
blokuje při ztrátě signálu či energie		–	Ano/Ne	Nutno vyzkoušet	
Navíjecí síla popruhu	navíječ v břišním popruhu	N	≥ 7	Měří se na bezpečnostním pásu, kterým je připoutána figurína	
	navíječ v ramenním popruhu		≥ 1 ≤ 7		
kondicionování Působení vnějších vlivů	Cyklické zatěžování – navinout a odvinout popruh	cyklus	40 000	Zařízení ke zkoušení životnosti mechanismu navíječe	
					Korozní zkouška
	Působení prachu		–	Ano/Ne	Zkouška v zařízení ke zkoušení odolnosti prachu

	<i>Cyklické zatěžování – životnost navíječe po působení prachu a koroze</i>	navinout a odvinout popruh	cyklus cycle	5 000	Zařízení ke zkoušení životnosti mechanismu navíječe
<i>Blokování po kondicování</i>	blokuje při zpoždění vozu	<i>type 4</i>	g*	$\leq 0,45$	Citlivost navíječe na zrychlení a na zrychlení popruhu je zkoušena na zařízení ke zkoušce zrychlením a zpomalením
		<i>type 4N</i>		$\leq 0,85$	
	odvinutí popruhu před blokováním		mm	≤ 50	
	neblokuje při zrychlení pásu s	<i>type 4</i>	g*	$< 0,8$	
		<i>type 4N</i>		$< 1,0$	
	blokuje při zrychlení popruhu	<i>type 4</i>	g*	0,8 – 2,0	
		<i>type 4N</i>		1,0 – 2,0	
	odvinutí popruhu před blokováním		mm	≤ 50	
neblokuje při náklonu libovol. směrem		úhlový stupeň	$\leq 12^\circ$	Citlivost navíječe na náklon	
musí blokovat při náklonu do libovoného směru	<i>typ 4 type 4</i>		$> 12^\circ$		
	<i>typ 4N type 4N</i>		$\leq 27^\circ$		
blokuje při ztrátě signálu či energie			–		Ano/Ne
navíjecí síla popruhu po kondicování	navíječ v břišním popruhu		N	≥ 7	Měří se siloměrem na bezpečnostní m pásu, kterým je připoutána figurína
	navíječ v ramenním popruhu			≥ 1 ≤ 7	

Tab. č. 8 Normativní požadavky kladené na tuhé části soupravy bezpečnostního pásu

Požadavky na		Jednotky	Hodnota	Způsob ověření
Mez pevnosti v tahu	Seřizovacího zařízení	kN	$\geq 9,8$	Statická zkouška meze pevnosti
	horního průvleku		$\geq 14,7$	
	dolního úchyty popruhu			
	dolního úchyty spony			
žádné ostré hrany		–	Ano/Ne	Vizuální kontrola
korozní zkouška		–	Ano/Ne	Zkouška odolnosti proti korozi
Test křehkosti		–	Ano/Ne	Rázová zkouška tuhých částí
zkouška mikroprokluzu		Mm	≤ 25	Zkouška odolnosti proti otěru a mikroprokluzu
seřizovací síla		N	≤ 50	Měření pomocí siloměru

Tab. č. 9 Normativní požadavky kladené na popruh soupravy bezpečnostního pásu

Požadavky na	Upřesnění požadavku	Jednotky	Hodnota	Způsob ověření
Mez pevnosti popruhu	Za výchozích podmínek	kN	14,7	Statická zkouška meze pevnosti
	Po osvětlení	%	≥ 75 z hodnoty pevnosti za výchozích podmínek	
	Po ochlazení			
	Po ohřátí			
	Po máčení			
Po odírání				
Šířka popruhu	při zatížení 9,8 kN	mm	≥ 46	Měřením popruhu po statické zkoušce meze pevnosti

Tab. č. 10 Normativní požadavky kladené na předpínací zařízení bezpečnostního pásu

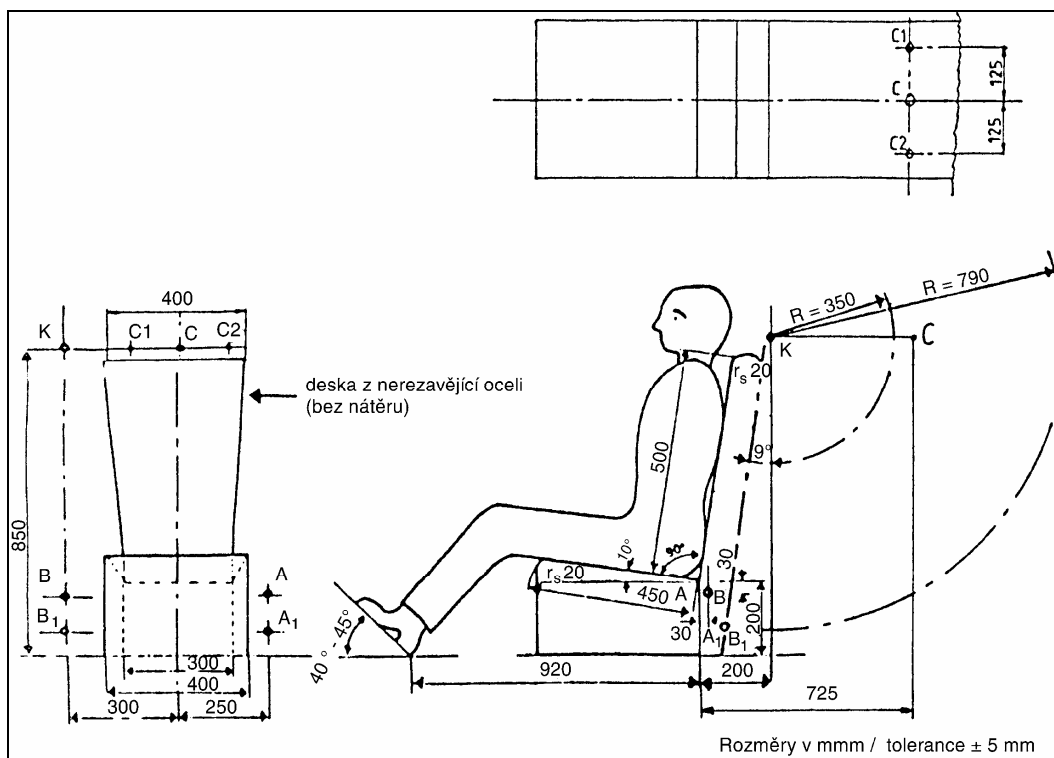
Požadavky na	Jednotky	Hodnota	Způsob ověření
Odolnost proti korozi	–	Ano/Ne	Zkouška odolnosti proti korozi
Načasování aktivace při nárazu	s	Uvede výrobce	Dynamická zkouška

Tab. č. 11 Normativní požadavky kladené na soupravu pásu nebo zádržného systému při dynamické zkoušce

Požadavky na	Upřesnění požadavku	Jednotky	Hodnota	Způsob ověření
Posunutí figuríny	V oblasti hrudníku	mm	100 až 300	Dynamická zkouška
	V oblasti pánve	mm	80 až 200	

Metodika provedení jednotlivých zkoušek je podrobně popsána v přílohách předpisu EHK č.16. Zkouška, která celkově prověřuje správnou činnost soupravy bezpečnostního pásu, se nazývá dynamická zkouška. Dynamická zkouška má simulovat náraz do pevné překážky.

Souprava bezpečnostního pásu, jejíž součásti podstoupily před dynamickou zkouškou kondicování a příslušné zkoušky následující po kondicování, se namontuje na zkušební vozík, který je vybaven kotevními úchyty a sedadlem. Na zkušebním vozíku musí být souprava pásu připevněna tak, aby byla zachována stejná geometrie uchycení jako ve vozidle, a tím byly nasimulovány co nejvěrněji běžné provozní podmínky. Do sedadla na zkušebním vozíku se usadí zkušební figurína, jejíž přesné rozměry jsou taktéž popsány v příloze předpisu EHK č. 16, a zajistí se soupravou bezpečnostního pásu. Vozík musí být poháněn tak, aby jeho volná rychlost v okamžiku nárazu byla $50 \text{ km/h} \pm 1 \text{ km/h}$. Při nárazu vozíku musí být dodržen předepsaný průběh zpomalení. Po nárazu se hodnotí posunutí figuríny v oblasti hrudníku a pánve. Naměřené hodnoty posunutí pánve a hrudníku musí ležet v oblastech popsaných v tab. č. 10.



Obr. č. 35 Zkušební vozík se sedadlem a kotevními úchyty (převzato z [5])

V předpisu EHK č. 16 jsou obecně kladeny normativní požadavky zejména na vlastnosti materiálu, spolehlivost, ergonomii bezpečnostního pásu, schopnost bezpečnostního pásu omezit pohyb a rozptýlit energii působící na cestujícího při nehodové události. Je patrné, že všechny normativní požadavky jsou utvářeny tak, aby byly dodrženy biolimity a v důsledku toho sníženy následky nehodových událostí na zdraví a životech cestujících.

Materiál, z kterého je vyroben bezpečnostní pás a jeho komponenty nesmí, být křehký, musí odolávat dlouhodobému cyklickému namáhání, opotřebení a korozi. Kontrolovaným parametrem je mez pevnosti při zkoušce pevnosti v tahu.

Spolehlivost musí být podle předpisu prověřována zkouškami životnosti, cyklickým zatěžováním a zkouškou odolnosti proti prachu. Správná funkce a blokování navíječe bezpečnostního pásu je kontrolována při cyklickém zatěžování. Spolehlivost je velice důležitým faktorem. Zejména pak v souvislosti s požadavky na bezchybnou a včasnou aktivaci. Pokud je dosaženo mezních hodnot aktivačních podmínek, zádržný systém musí ihned začít plnit svoji funkci. Navíječ bezpečnostního pásu musí tedy začít blokovat při dosažení hodnot uvedených v předpisu. A to i pokud je zádržný systém používán delší

dobu. Naopak nikdy by nemělo dojít k nechtěné aktivaci, pokud nejsou naplněny aktivační podmínky.

Z hlediska běžného každodenního používání bezpečnostního pásu je neméně důležitá skupina požadavků na ergonomii a s tím související jednoduché ovládání soupravy bezpečnostního pásu. Zapínání a rozepínání bezpečnostního pásu (uvolňování spony) musí být realizovatelné jednoduchým pohybem jednou rukou. Pokud by bylo zapínání bezpečnostních pásů složité, jistě by se snížil počet cestujících, kteří jej používají. Jednoduché rozepínání bezpečnostního pásu, pak může hrát rozhodující roli pro rychlé opouštění sedadla nebo vyproštění cestujících z vozidla po nehodové události.

Při samotné nehodové události jsou požadavky na správnou činnost bezpečnostních pásů jedním z faktorů, které rozhodují o přežití cestujících. Schopnost bezpečnostního pásu omezit pohyb cestujícího a rozptýlit energii vzniklou při nárazu musí vycházet z požadavků na dodržení biolomitů lidského těla, které jsou uvedené v předpisech EHK. Popruhy musí mít takové vlastnosti, aby jejich tlak na tělo uživatele byl rozložen co nejrovnoměrněji na celou šířku popruhů a aby se ani při působení sil nekroutily. Musí pohlcovat a rozptylovat energii. Musí mít provedeny okraje tak, aby se při používání netřepily. Šířka popruhů se nesmí při maximálním zatížení zúžit pod 46mm.

8 NORMATIVNÍ POŽADAVKY KLADENÉ NA ČINNOST AIRBAGŮ

Problematika požadavků na činnost bezpečnostních vaků je řešena v předpisech EHK č. 114, 94 a 95.

8.1 PŘEDPIS EHK Č. 114

V předpisu EHK č.114 jsou uvedena jednotná ustanovení pro schvalování:

- I. modulů airbagů pro náhradní airbagové systémy;
- II. náhradních volantů vybavených moduly schváleného typu;
- III. náhradních airbagových systémů jiných, než které byly instalovány ve volantu

Předpis se skládá z dvanácti kapitol a osmi příloh. V předpisu je popsán postup schvalování airbagu a požadavky na dokumentaci, označení airbagu, správnou signalizaci apod.

8.2 SCHVALOVÁNÍ BEZPEČNOSTNÍCH VAKŮ

Postup při schvalování airbagů je analogický k postupu schvalování bezpečnostních pásů. Liší se v technické, obchodní dokumentaci, požadavcích na signalizaci o činnosti zařízení a požadavcích na předkládané vzorky.

Bezpečnostní vaky mohou být schvalovány dvěma způsoby, stejně jako je tomu u schvalování bezpečnostních pásů. Homologace může být udělena v rámci typu vozidla nebo typu modulu airbagu pro náhradní airbagový systém (popř. žádost o schválení náhradního volantu vybaveného modulem airbagu schváleného typu). V rámci homologace typu vozidla se na airbag vztahují předpisy EHK č. 94 a 95. Samostatná homologace náhradního airbagu je pak řešena v předpise EHK č. 114.

Vzhledem k tomu, že se bezpečnostní nafukovací vaky homologují především v rámci typu vozidla a předpis EHK č. 114 odkazuje na předpisy EHK č. 94 a 95, normativní požadavky na jejich činnost jsou získány z předpisů EHK č.94 a 95. V předpisu EHK č. 94 jsou uvedena: „jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska ochrany cestujících při čelním nárazu vozidla“. Podle tohoto předpisu je schvalován typ vozidla z hlediska požadavků na čelní airbagy. V předpisu EHK č. 95 jsou uvedena „jednotná ustanovení

pro homologaci vozidel z hlediska ochrany cestujících při bočním nárazu“. Podle tohoto předpisu je schvalován typ vozidla z hlediska požadavků na boční airbagy.

8.3 NORMATIVNÍ POŽADAVKY KLADENÉ NA ČINNOST SOUPRAVY AIRBAGU

Normativní požadavky kladené na činnost soupravy airbagu a metodiky jejich kontroly pomocí čelní a boční nárazové zkoušky jsou obsaženy v předpisech EHK č. 94 a 95.

8.3.1 Předpis EHK č. 94

V předpisu EHK č. 94 jsou uvedeny normativní požadavky na činnost soupravy airbagu z hlediska čelního nárazu. Homologace typu vozidla z hlediska ochrany cestujících na předních sedadlech při čelním nárazu se udělí, jsou-li splněny požadavky kladené na biomechanické veličiny při zkoušce čelního nárazu vozidla do bariéry tvořené deformabilní bariéry tzv. nárazová zkouška nebo crashtest. Z hlediska normativních požadavků kladených na činnost bezpečnostních vaků jsou důležitá následující biomechanická kritéria naměřená na figurínách při nárazu na deformovatelnou bariéru:

- biomechanické kritérium hlavy (HPC)
- biomechanické kritérium šíje

Biomechanické kritérium hlavy

Biomechanické kritérium hlavy (HPC) nesmí přesáhnout 1000 a výsledné přetížení hlavy nesmí překročit 80 g po dobu více než 3 ms. Což koresponduje s hodnotami uvedenými v kapitole o biolimitech lidského těla a předpisech EHK č. 21, 25, 94 a 95. HPC se určuje kumulativním výpočtem. Při výpočtu není uvažován zpětný pohyb hlavy.

Pokud v průběhu zkoušky nedojde ke kontaktu hlavy s jakoukoli částí vozidla, biomechanické kritérium hlavy HPC se považuje za splněné. V opačném případě se níže uvedeným způsobem vypočte hodnota HPC a porovná se s výše uvedenými mezními hodnotami.

$$HPC = (t_2 - t_1) \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a dt \right]^{2,5}$$

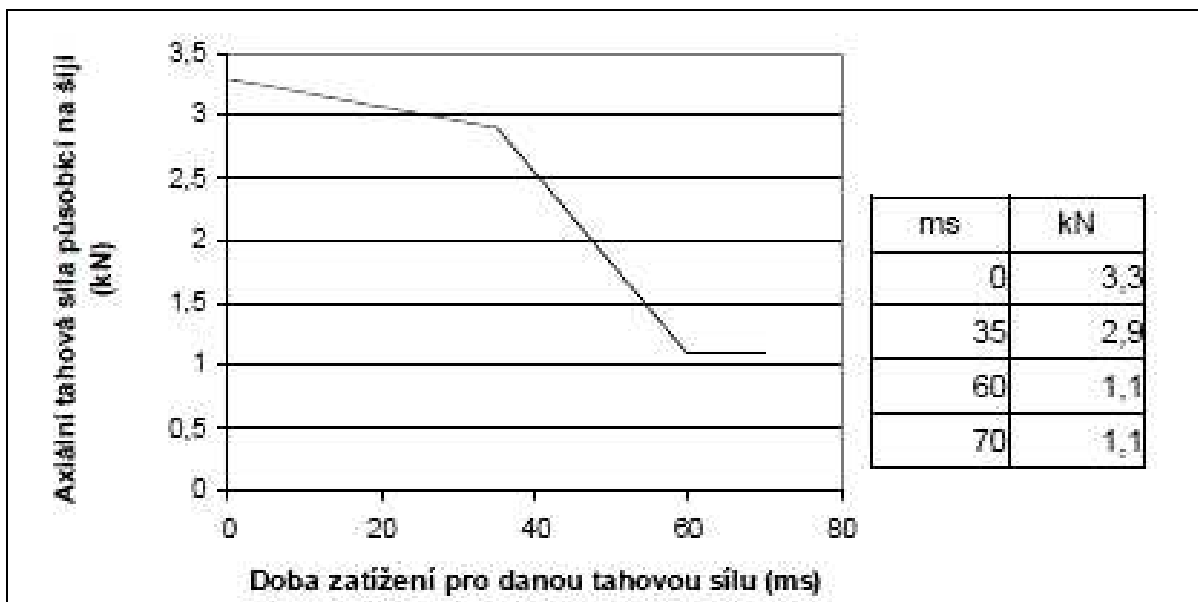
t_1 – začátek kontaktu hlavy s částí vozidla [s]

t_2 – konec záznamu, pro který je hodnota HPC maximem [s]

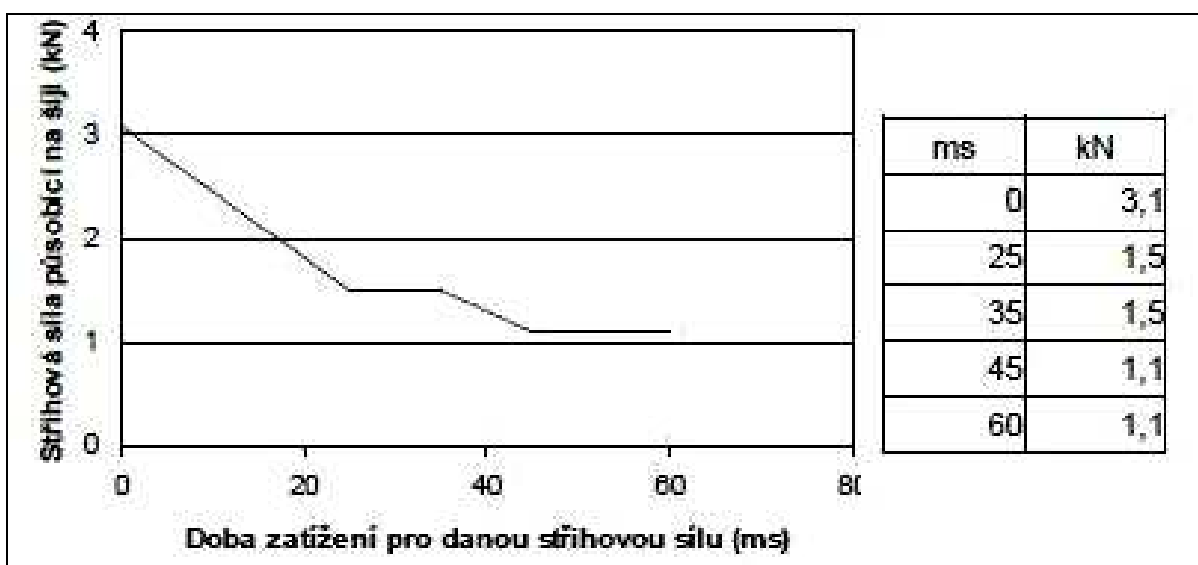
a – naměřené výsledné zrychlení [g]

Biomechanické kritérium šije

Limitní hodnoty biomechanické kritéria šije (NIC) jsou dané grafem tahu působícího na šiji a grafem stříhu působícího na šiji.



Obr. č. 36 Biomechanické kritérium tahu působícího na šiji při čelním nárazu do deformovatelné bariéry (převzato z [20])



Obr. č. 37 Biomechanické kritérium stříhu působícího na šiji při čelním nárazu do deformovatelné bariéry (převzato z [20])

Na obr. č. 36 je zobrazen průběh maximální síly působící na šiji při čelním nárazu do deformovatelné bariéry v tahu. Hodnoty ohraničené touto křivkou nesmí být překročeny. Závislost není lineární, lze z ní však vysledovat, že síla, která může při nárazu působit na šiji cestujícího se snižuje s rostoucí dobou zatížení. A to zejména v době 40 – 60 ms po nárazu.

Na obr. č. 37 je zobrazen průběh maximální síly působící na šíji při čelním nárazu do deformovatelné bariéry při střihu. Hodnoty ohraničené touto křivkou nesmí být překročeny. Závislost není lineární, lze z ní však vysledovat, že síla, která může tahem působit na šíji, se snižuje s rostoucí dobou zatížení. A to zejména v prvních 20 ms po nárazu.

Porovnáním grafů pak lze vyvodit, že lidská šíje je citlivější na střih. Maximální síla, která působí na šíji při střihu, má již na počátku doby působení menší hodnotu a její další hodnoty s dobou působení rychleji klesají.

Další limitní hodnotou biomechanického kritéria šíje určenou v předpisu EHK č. 94 je ohybový moment šíje okolo osy y (příčná osa), který nesmí přesáhnout 57 Nm při vytahování. Hodnota tohoto biomechanického kritéria se shoduje s hodnotou uvedenou v kapitole o biomechanických limitech. V předpise EHK č. 94 jsou samozřejmě uvedena další biomechanická kritéria, která musí být pro udělení homologace splněna při zkoušce čelního nárazu do deformovatelné bariéry. Z hlediska normativních požadavků na činnost bezpečnostních vaků se však zkoušky týkají zejména spolehlivosti.

V případě samostatné homologace modulu airbagu podle předpisu EHK č. 114 se provádějí další zkoušky: rázová zkouška, mechanická nárazová zkouška, souběžná vibrační a teplotní zkouška, cyklická zkouška teplotou a vlhkostí, simulační zkouška slunečního záření, zkouška na teplotní šok, statická zkouška rozvinutí. Dle sdělení pracovníků autorizovaných zkušeben v ČR, se však samostatné homologace airbagů neprovádí.

8.3.2 Předpis EHK č. 95

V předpisu EHK č. 95 jsou stanoveny normativní požadavky kladené na činnost soupravy airbagu z hlediska bočního nárazu. Tento předpis také popisuje metodiku kontroly těchto normativních požadavků v podobě zkoušky nárazu pohyblivé deformovatelné bariéry do vozidla při rychlosti 50 km/h.

Homologace typu vozidla z hlediska bočních airbagů, resp. bočního nárazu, je udělena, jsou-li při nárazové zkoušce splněna následující biomechanická kritéria:

- biomechanické kritérium hlavy
- biomechanická kritéria hrudníku
- biomechanické kritérium pánve
- biomechanické kritérium břicha

Biomechanické kritérium hlavy

Biomechanické kritérium hlavy (HPC – head performance criterion) nesmí být při boční nárazové zkoušce větší než 1000.

Biomechanické kritérium hrudníku

Biomechanickými kritérii hrudníku jsou:

- Kritérium průhybu žeber (RDC – rib deflection criterion)
- Kritérium měkké tkáně (VC –viscous criterion)

Hodnota kritéria průhybu žeber musí být menší než 42 mm.

Hodnota kritéria měkké tkáně musí být menší než 1 m/s.

Biomechanické kritérium pánve

Biomechanické kritérium pánve představuje maximální zatížení stydké kosti (PSPF – pubic symphysic peak force). Hodnota maximálního zatížení stydké kosti nesmí při nárazu přesáhnout hodnotu 6 kN.

Biomechanické kritérium břicha

Biomechanické kritérium pánve představuje maximální zatížení břicha (APF – abdominal peak force). Maximální zatížení břicha nesmí přesáhnout 2,5 kN.

8.3.3 Další normativní požadavky

Dalšími normativními požadavky, které výrobce musí splnit při homologaci vozidla z hlediska soupravy airbagu jsou mimo jiné:

- Zajištění dostatečných opatření k provádění montáže, údržby, oprav a demontáže systému pouze vyškolenými technickými pracovníky podle příručky, kterou vypracuje žadatel o schválení typu, o nahrazení součásti nebo celého systému po zaručené době životnosti, o označení a pokynů k záchraně osob, o označení a informací pro použití dětských zádržných systémů.
- Fungování airbagového systému nesmí narušit rušivý vliv magnetických polí.
- Celý systém obsahuje zařízení, které uživatele upozorní, že airbagový systém není v provozuschopném stavu.
- Na toxicitu a popáleniny: musí se předložit osvědčení, v němž se uvádí, že povaha, koncentrace a teplota plynů a pevných částic uvolňovaných při rozvinutí airbagu nejsou

takové, aby mohly zapříčinit vážné poranění cestujících ve vozidle. Orgány odpovědné za vydání schválení si vyhrazují právo ověřit správnost tohoto prohlášení.

- Modul airbagu pro náhradní airbagový systém musí splňovat mezinárodní normu ISO 12097 – 2 ROAD VEHICLES – AIRBAG, COMPONENT TESTING – PART 2: Testing of Airbag Modules, kterou je zaručena provozní bezpečnost. Výrobce potvrdí, že požadavky byly splněny. V případě pochybností si schvalovací orgán, odpovědný za vydávání schválení vyhrazuje právo ověřit správnost tohoto prohlášení.

Z výše uvedených požadavků vyplývá, že normativní požadavky kladené na činnost soupravy bočního airbagu jsou utvářeny tak, aby byly dodrženy biomechanické limity lidského těla, stejně jako požadavky v předpisu EHK č. 94. A také tak, aby nedošlo k narušení vnitřního prostoru, které by způsobilo zranění cestujících.

9 ZÁVĚR

Výstupem této práce jsou komplexně zpracované požadavky EHK, které jsou kladeny na činnost bezpečnostních pásů a bezpečnostních nafukovacích vaků v souvislosti se schvalovacím procesem. Normativní požadavky jsou vztaženy ke konkrétním komponentám zadržného systému. Práce může být využita žadateli o homologaci bezpečnostních pásů nebo airbagů. Naleznou zde postup a požadavky, které musí splňovat zadržný systém, který chtějí homologovat. Normativní požadavky, které jsou kladeny na činnost zadržného systému v předpisech EHK musí být výrobcem splněny, není v nich však specifikováno jakým technickým řešením.

Normativní požadavky jsou obecně kladeny zejména na vlastnosti materiálu, spolehlivost zadržného systému, ergonomii, schopnost zadržného systému omezit pohyb a rozptýlit energii působící na cestujícího při nehodové události. Z normativních požadavků je patrné, že jsou utvářeny tak, aby byly dodrženy mezní hodnoty biomechanických limitů. V důsledku toho byly zároveň eliminovány negativní jevy nehodových událostí na zdraví a životech cestujících.

Spolehlivost je jedním z velice důležitých faktorů, který rovněž podléhá normativním požadavkům. Zejména pak s ohledem na bezchybnou a včasnou aktivaci zadržných systémů. Pokud je dosaženo mezních hodnot aktivačních podmínek, zadržný systém musí ihned začít plnit svoji funkci. Naopak nikdy nesmí dojít k nechtěné aktivaci, pokud nedojde k naplnění aktivačních podmínek, např. k aktivaci airbagů při sportovní jízdě nebo při opravě vozidla v servisu. Z tohoto hlediska je také potřeba správně dodržovat údržbu zadržných systémů. Zadržný systém nebo jeho části musí být vyměněny nejen po každé aktivaci, ale také v intervalech předepsaných výrobcem.

Splnění normativních požadavků je kontrolováno při zkouškách v autorizovaných a akreditovaných zkušebnách. Průběh a podmínky za kterých jsou zkoušky prováděny jsou uvedeny v přílohách příslušných předpisů EHK. Metodika správného provedení zkoušek je nastavena tak, aby byly co nejlépe simulovány provozní podmínky při běžném použití zadržného systému ve vozidle.

Znalost obsahu normativů a hodnot aktivačních podmínek je podstatná také pro znalecké zkoumání, zejména z hlediska ohledání vozidla po nehodě v případě poruchy či destrukce části zadržného systému a z hlediska rekonstrukce nehodového děje. Aktivační

podmínky a jejich hodnoty však nejsou stanoveny v normách, až na hodnoty blokování bezpečnostních pásů, a každý výrobce nastavuje aktivační podmínky zádržných systémů a jejich komponent individuálně pro konkrétní typ vozidla a výbavu. Hodnoty aktivačních podmínek jsou dobře střeženým know – how každého výrobce automobilů a jsou nastaveny tak, aby konkrétní technické řešení zádržného systému splnilo ve výsledku požadavky na činnost a účinek zádržného systému při dynamických zkouškách, potažmo na maximální bezpečnost uživatele. Veličinou, která je v současné době u drtivé většiny vozidel při aktivaci zádržných systémů posuzována je zrychlení (resp. intenzita nárazu jako časový integrál zrychlení).

Výrobci vozidel v posledních letech přicházejí ve vývoji s novým způsobem přístupu k rozpoznávání nárazů a následné aktivace zádržných systémů. Jedním z těchto nových přístupů je používání mikrovlnných radarů. Při jejich použití řídicí jednotka dokáže rozpoznat náraz dříve, než k němu dojde nebo mu dokonce předejít, např. zastavením vozidla. Pokud je náraz nevyhnutelný, řídicí jednotka dokáže ve vozidle připravit optimální podmínky pro aktivaci a činnost zádržných systémů, vyslat signál pro předepnutí pásů ještě před nárazem, zvýšit tuhost sedadel, zavřít okna apod.

U bezpečnostního pásu jsou v souvislosti s jeho správnou činností kontrolovány hodnoty posunutí figuríny (cestujícího) po dynamické zkoušce, která má simulovat čelní náraz. Maximální povolené posunutí figuríny je v oblasti hrudníku 100 až 300 mm a v oblasti pánve 80 až 200 mm.

U předpínačů bezpečnostních pásů se dokonce kontroluje při čelním nárazu pouze jediný parametr – načasování aktivace po rozpoznání nárazu. Konkrétní hodnotu doby po nárazu, v které se předpínač aktivuje, uvede sám výrobce a tato hodnota je pak ověřena při dynamické zkoušce bezpečnostního pásu.

U čelních airbagů je pak kontrolována při nárazu do deformovatelné překážky limitní hodnota biomechanického kritéria hlavy (HPC) a limitní hodnota biomechanického kritéria šíje (NIC). HPC nesmí přesáhnout hodnotu 1000 a výsledné přetížení hlavy nesmí překročit 80 g po dobu více než 3 ms. Mezní hodnoty NIC jsou dány průběhem síly v tahu a stříhu působící na šíji a ohybovým momentem šíje okolo osy y (příčné osy), který nesmí přesáhnout hodnotu 57 Nm.

U bočních airbagů jsou navíc kromě kritéria HPC kontrolována i biomechanická kritéria hrudníku, pánve a břicha.

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že nelze učinit obecné závěry o aktivačních podmínkách z hlediska rekonstrukce průběhu nehodového děje. Řešením absence závěrů, které by mohly pomoci při rekonstrukci předstřetového a střetového děje, by mohly být tzv. „černé skříňky“, jakožto zařízení zaznamenávající důležité události a veličiny několik sekund před nárazem např. rychlost v okamžiku nárazu, dobu brzdění, náraz vozidla apod. Černá skříňka může být součástí řídicí jednotky zádržného systému nebo samostatným zařízením.

Z provedených simulací čelních nárazů na pevnou překážku za použití různých zádržných systémů a jejich kombinací jasně vyplývá pozitivní vliv používání zádržných systémů na eliminaci negativních následků nehodových událostí. Při použití bezpečnostních pásů se hodnota HIC a zrychlení trupu zásadním způsobem snižuje a průběh je s ohledem na maximální hodnoty vyrovnanější oproti nepoužití bezpečnostního pásu. Ve vyšších rychlostech je pak patrný velký vliv airbagu na snížení hodnot těchto veličin.

Je tedy důležité, aby se systematicky a důsledně přistupovalo k používání bezpečnostních pásů. Vzhledem k tomu, k jak velkému rozvoji došlo v oblasti zádržných systémů a co dnes již mnoho zákazníků považuje za běžnou součást vozidel, také vyvstává otázka, jestli se nepokusit o přidání čelních popř. bočních a hlavových airbagů řidiče a spolujezdce do povinné výbavy vozidel. Tak jako tomu bylo např. u protiblokovacího systému brzd ABS (Antiblock Brake Systém) nebo systému elektronické kontroly stability ESP (Electronic Stability Program). Systémem ABS musí být vybavena všechna vozidla vyrobená na území členských států EU od 1.1.2006. Systémem ESP budou od listopadu 2011 povinně vybavována všechna nová osobní vozidla na základě rozhodnutí Evropského parlamentu. Nová osobní vozidla prodávaná v současnosti v zemích Evropské unie mají již v drtivé většině ve standardní výbavě čelní airbag řidiče. Z definic EHK vyplývá, že airbagy jsou brány v současnosti pouze jako doplněk.

Většina výrobců vozidel nyní navíc používá jako podklad pro vývoj zádržných systémů kromě předpisů EHK a ES také metodiku nezávislého konsorcia provádějícího nárazové zkoušky – Euro NCAP (European New Car Assessment Programme). Metodika nárazových zkoušek Euro NCAP stanovuje daleko rozsáhlejší a přísnější požadavky na vozidla a kritéria hodnocení při nárazových zkouškách.

Vyhodnocení nárazových zkoušek podle metodiky Euro NCAP by se proto mohlo stát základem pro tvorbu nových předpisů EHK (popř. směrnic ES) týkajících se zádržných systémů a pasivní bezpečnosti. V nových normách by měly být kladeny rozsáhlejší a přísnější

požadavky na činnost zádržných systémů, vzhledem k velkému pokroku ve vývoji zádržných systémů a pasivní bezpečnosti vozidel v posledních letech.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Ministerstvo dopravy ČR: Ročenky dopravy 1998 – 2008 [on-line], publikováno 2006, 10. 1. 2010. Dostupný na WWW: <<http://www.sydos.cz/cs/rocenky.htm>>
- [2] Besip: Statistiky nehodovosti [on-line], publikováno 10. 6. 2009, 24. 4. 2010. Dostupný na WWW: <http://www.ibesip.cz/750_Porovnaní-poctu-dopravních-nehod-leden-az-kveten-2007-2009>
- [3] VLK, F. *Stavba motorových vozidel*. 1. vyd. Brno 2003 499 str. ISBN 80-238-8757-2
- [4] Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR: Evropská hospodářská komise OSN – EHK [on-line], publikováno 2005, 2. 2. 2010. Dostupný na WWW: <<http://193.84.99.17/dokument7744.html>>
- [5] Předpis EHK č.16,. Dostupný na WWW: <http://eur-lex.europa.eu/RECH_naturel.do>
- [6] VLK, F. *Karoserie motorových vozidel :Ergonomika. Biomechanika. Struktura. Pasivní bezpečnost. Kolize. Materiály*. 1. vyd. Brno 2000 499 str. ISBN 80-238-8757-2
- [7] Bussines center.cz: Slovník pojmů [on-line], publikováno 1998 – 2010, 10. 1. 2010. Dostupný na WWW: <<http://business.center.cz/business/pojmy/p501-komunitarni-pravo.aspx>>
- [8] Zákon 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb. [on-line], Dostupný na WWW: <<http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?zdroj=sb01056&cd=76&typ=r>>
- [9] Bradáč, A. et al.: Soudní inženýrství, CERM – akademické nakladatelství, Brno, 1997, ISBN 80–7204–057–X
- [10] VLK, F. *Elektronické systémy motorových vozidel 2* 1. vyd. Brno 2002 , ISBN 80-238-7282-6
- [11] SAE J885, Human tolerance to Impact Conditions as Related to Motor Vehikle Design, society of Automotive Engineers, 1986
- [12] Předpis EHK č.94. Dostupný na WWW: <http://eur-lex.europa.eu/RECH_naturel.do>
- [13] Předpis EHK č.95. Dostupný na WWW: <http://eur-lex.europa.eu/RECH_naturel.do>

- [14] Dead or Alive?[počítačový program], Ver. 2.15, Fitzpatrick Engineering, Indiana, USA, 1996 – 1998
- [15] Ústav zdravotnických informací a statistiky České republiky. Výběrové šetření o zdravotním stavu české populace [on – line], publikováno 1. 10. 2002. Dostupný na WWW: <www.uzis.cz/download_file.php?file=781>
- [16] Český statistický úřad České republiky. Počet žen na 100 mužů [on – line], publikováno 2003. Dostupný na WWW:
<http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/pocet_zen_na_100_mužu_2003>
- [17] Jednotky.cz [on – line], Dostupný na WWW: <<http://www.jednotky.cz/>>
- [18] Observatoř bezpečnosti silničního provozu CDV: Mezinárodní rozbor používání bezpečnostních pásů [on-line], publikováno 2008, 15. 1. 2010. Dostupný na WWW:
<<http://www.czrso.cz/index.php?id=297>>
- [19] Předpis EHK č.114. Dostupný na WWW: <http://eur-lex.europa.eu/RECH_naturel.do>
- [20] Předpis EHK č.94. Dostupný na WWW: <http://eur-lex.europa.eu/RECH_naturel.do>
- [21] Předpis EHK č.95. Dostupný na WWW: <http://eur-lex.europa.eu/RECH_naturel.do>
- [22] Ford. Ford - první výrobce automobilů s nafukovacími bezpečnostními pásy, publikováno 2010, 20.3. 2010 Dostupný na WWW:
<<http://www.ford.cz/AboutFord/News/CompanyNews/Ford-uvadi-nafukovaci-bezpecnostni-pasy>>
- [23] Bezpečnost vozů Škoda – dílenská učební pomůcka č. 6, Škoda automobilová a.s., 1995
- [24]:Volvo Truck Czech s.r.o.: SRS systém, 2009
- [25] Systém pasivní bezpečnosti – FIAT ČR spol. s r.o., 2009
- [26] ABC slovník cizích slov [on – line], publikováno 2005 – 2006, 13. 5.2010, Dostupný na WWW: <<http://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/homologace>>
- [27] Škoda auto a.s. 2010
- [28] Autoabeceda s. r. o. [on – line], publikováno 2003 – 2005, 14. 5.2010, Dostupný na WWW: <<http://www.autoabeceda.cz/co-je-to/hlavovy-airbag.htm>>
- [29] UÁMK Povinné vybavení automobilů systémem EPS [on – line], 1.5.2010, Dostupný na WWW: <<http://www.uamk.cz/>>