

Zkoušky pevnosti a životnosti karoserie osobního automobilu a jejich dopad na provozní bezpečnost

Strength and Durability Tests of Passenger Car Body and their Impact on Operational Safety

Květoslav Zdražil

Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav

Abstrakt

Práce se zabývá zkouškami karoserie osobního automobilu, které se úzce vztahují k bezpečnosti posádky vozu, případně ostatních účastníků silničního provozu. Při těchto testech je kvazistaticky simulována situace při nárazech vozu. Dále je při životnostních zkouškách sledován stav dílů, kterým hrozí v provozních podmínkách poškození a následné uvolnění – tím je ohrožena bezpečnost lidí, nacházejících se v bezprostředním okolí automobilu. Článek byl publikován v rámci sborníku příspěvků XXXI. mezinárodní vědecké konference Soudního inženýrství, Expert Forensic Science (ExFoS), 26.–27. ledna 2023 v Mikulově.

Klíčová slova: pevnost, životnost, bezpečnost, test, předpis, posádka vozu.

1. ÚVOD

Experiment má historicky ve vývoji automobilu své pevné místo, Škoda Auto a.s. není výjimkou. Provádějí se zkoušky všech mechanických komponent, uzlů a nakonec i kompletního celého vozu z různých hledisek – tepelné namáhání, akustické vlastnosti, pevnost, životnost, ovladatelnost, crashové vlastnosti. Tyto zkoušky ve fázi prototypové a ve fázi předvýrobní série probíhají jak v laboratorních podmínkách, tak i v podmínkách provozních – na specializovaných polygonech. V příspěvku se budeme zabývat vybranými laboratorními zkouškami dílů, které jsou v kompetenci oddělení Vývoj svařené karoserie a montovaných dílů a které mohou mít vliv na bezpečnost posádky a ostatních účastníků silničního provozu:

- pevnostní zkouška kotvících ok v zavazadlovém prostoru,
- pevnostní zkouška kotvení bezpečnostních pasů do karoserie,

Abstract

The paper deals with tests of a body of a passenger car, which are closely related to the safety of the car crew or other road users. During these tests, a situation of car impact is quasi-statically simulated. Furthermore, a condition of parts that are at risk of damage subsequent release and threat to the safety of people in the immediate vicinity of the car is monitored during durability tests.

Keywords: strength, durability, safety, test, regulation, car crew.

- pevnostní zkouška střešních nosičů a jejich kotvení do karoserie,
- pevnostní zkouška kotvících šroubů střešních nosičů,
- pevnostní zkouška střechy vozu,
- životnostní zkouška tažného zařízení a jeho kotvení do karoserie (Carlos),
- životnostní zkouška celého vozu na simulátoru vozovky.

2. PEVNOSTNÍ ZKOUŠKA KOTVÍCÍCH OK V ZAVAZADLOVÉM PROSTORU

2.1 Popis problému

Vozy Škoda jsou vybaveny v zavazadlovém prostoru vybaveny několika oky, pomocí kterých by měl uživatel upoutat náklad k ložné ploše nákladového prostoru. Při případném nárazu nesmí dojít k nekontrolovanému proniknutí nákladu do prostoru pro posádku.

Dodáno do redakce: 24. 4. 2023

Recenzní řízení: od 24. 4. 2023 do 5. 5. 2023

DOI: <http://dx.doi.org/10.13164/SI.2023.1.40>

*Korespondenční adresa: kvetoslav.zdrazil@skoda-auto.cz

2.2 Předepsané provedení zkoušky

Zkoušku popisuje předpis DIN ISO 27955:2010, podle které je hodnota zatěžující síly

$$F_t = 1,25 \times F_N,$$

$$F_N = 0,5 \times m_p \times g,$$

kde:

m_p maximální hodnota užitečného nákladu v kg, přičemž $F_{Nmin} = 3 \text{ kN}$ a $F_{Nmax} = 3,5 \text{ kN}$, vzhledem k velké hodnotě hmotnosti užitečného nákladu u vozů Škoda je brána maximální hodnota: $F_{Nmax} = 3,5 \text{ kN}$,
 $F_t = 1,25 \times F_N = 1,25 \times 3\,500 = 4\,375 \text{ N}$.

Čas náběhu síly na maximální hodnotu: 20 s.

Doba setrvání na maximální síle: 30 s.

Během testu musí být přenesena předepsaná síla, nesmí být zaznamenáno porušení vzorku typu trhlin a lomů, trvalá deformace je přípustná (obr. 1).

Interní předpis tuto mezinárodní normu ještě navíc rozšiřuje o další 2 úrovně:

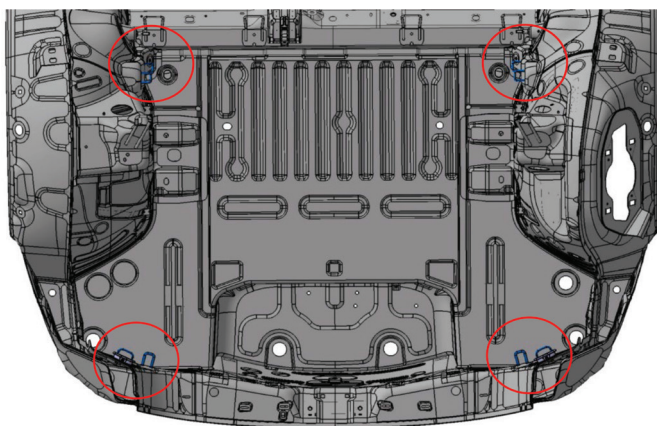
- 750 N (zatížení od uživatele při utahování nákladu k okům), trvalá deformace nepřipustná
- 6 000 N (bezpečnost, která v sobě zahrnuje i směrodatnou odchylku souboru vzorků), bez trhlin a lomů, trvalá deformace přípustná.

2.3 Realizace testu

Karoserie vozu je pevně fixována k základové desce, na kotvící oka působí postupně zatěžovací elektromotorický válec s napojeným siloměrem. Síla působí ve směru 15–45° odkloněném od vertikály oka směrem nahoru, v rovině dané vertikálou oka a některého z dalších ok v zavazadlovém prostoru. Při zkoušce je zaznamenáván posuv pístitice válce (tedy i deformace oka ve směru zatěžování (obr. 2, 3, 4).

2.4 Vyhodnocení testu

Všechny vzorky musejí bezpečně přenést zatížení podle DIN ISO 27955:2010 a též splnit podmínky interního předpisu – navýšení



Obr. 1 Pohled na umístění kotvících ok v zavazadlovém prostoru vozu.

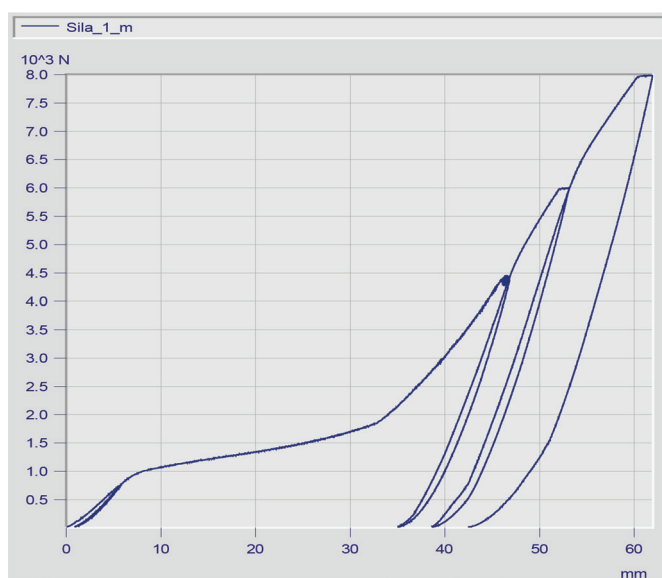
Fig. 1 View of the location of the anchor eyes in the luggage compartment of the car.



Obr. 2 Pohled na uspořádání zkušebního stavu.

Fig. 2 Test bench arrangement.

zkušební vzorek po ukončení zkoušky na 8 000 N.



Obr. 3 a 4 Zatěžovací diagram síla – deformace a pohled na zkušební vzorek po ukončení zkoušky na 8 000 N.

Fig. 3 and 4 Load diagram, force deflection and a view of the test specimen after completion of the test at 8 000 N.

zatížení. V opačném případě nutno přistoupit ke konstrukčním změnám, ke změně materiálu, resp. ke změně výrobního postupu.

3. PEVNOSTNÍ ZKOUŠKA KOTVENÍ BEZPEČNOSTNÍCH PASŮ DO KAROSERIE

3.1 Popis problému

Při nárazu vozidla jsou bezpečnostní pásy a též jejich kotvení do karoserie enormně namáhány. Mnohdy může zatížení přesáhnout hraniční hodnoty konstrukce, k prověření jejich bezpečnosti je nutno použít pevnostní zkoušku.

3.2 Předepsané provedení zkoušky

Zkoušku popisuje předpis EHK č. 14.07. Předpis vyžaduje, aby konstrukce přenesla sílu 13 500 N, interní předpis dále vyžaduje 20% navýšení tohoto zatížení.

3.3 Realizace testu

Karoserie vozu je při zkoušce fixována k základové desce, sedačky jsou ustaveny do zadané polohy, těla pasažérů jsou nahrazena pevnými náhradami, které jsou příslušný způsobem zajištěny

bezpečnostními pásy. Síla je vyvozována elektrohydraulickým zařízením Schenck, napojení je uskutečněno pomocí spojovacích řetězů. Připojené siloměry snímají působící sílu (obr. 5, 6).

Náběh na zkušební sílu 1 s (podle EHK 14.07 do 60 s), výdrž na síle 2 s (podle EHK 14.07 minimálně 0,2 s).

Zkouška prováděna na pracovišti firmy TÜV SÜD Czech s.r.o. Mladá Boleslav (obr. 7–12).

3.4 Vyhodnocení testu

Zkouška musí podle předpisu přenést požadované silové zatížení, podle interního předpisu nesmí dojít ke zjištění porušení typu trhlin a lomů, jinak musejí následovat konstrukční změny.

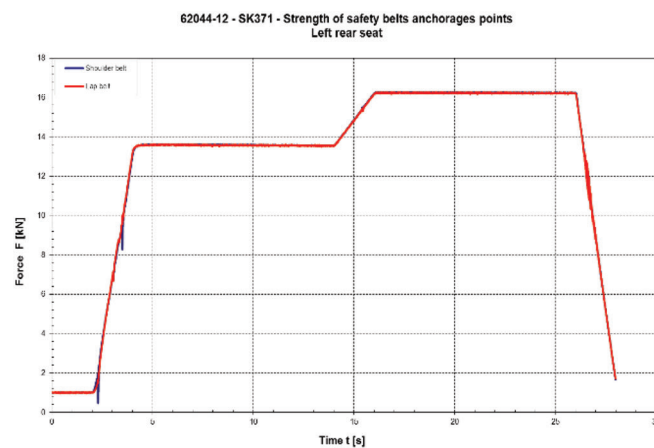
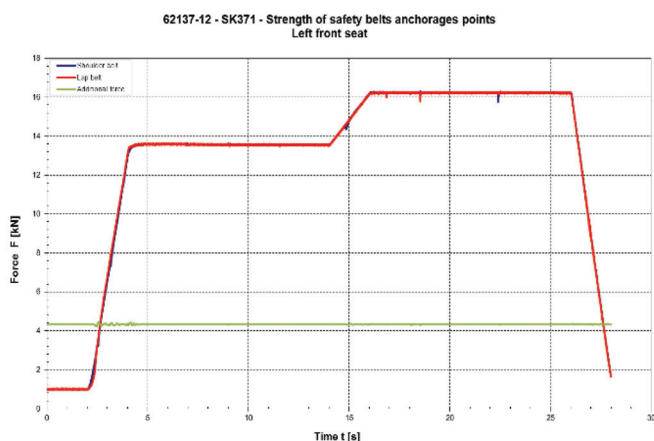
4. PEVNOSTNÍ ZKOUŠKA STLAČOVÁNÍ STŘECHY VOZU

4.1 Popis problému

Při převrácení vozu přes střechu v důsledku nehody hrozí ohrožení posádky vlivem deformované horní části karoserie – A-sloupku a střechy. K ověření bezpečnosti posádky má sloužit kvazistatická zkouška stlačování střechy.



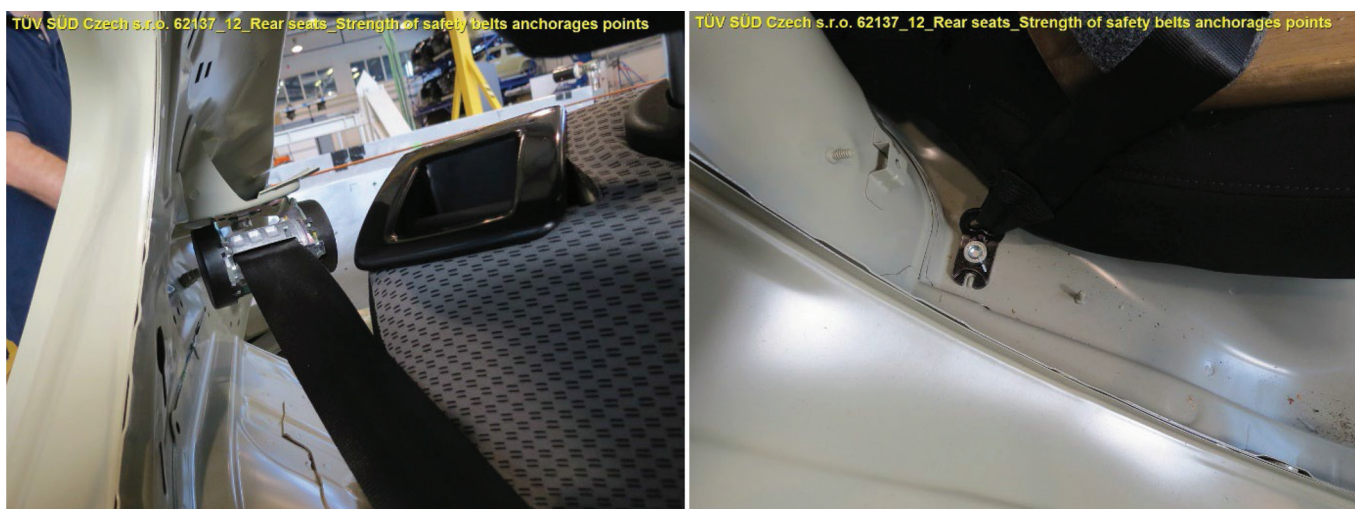
Obr. 5 a 6 Uspořádání zkoušky úchytů předních a zadních bezp. pasů.
Fig. 5 and 6 Front and rear seat belts fittings test arrangement.



Obr. 7 a 8 Zatěžovací diagramy – levé přední a levé zadní sedadlo.
Fig. 7 and 8 Load diagrams – a left front and a left rear seats.



Obr. 9 a 10 Stav úchytů pasů levé přední sedačky po zkoušce.
Fig. 9 and 10 Condition of the left front seat attachments after the test.



Obr. 11 a 12 Stav úchytů zadní sedačky po zkoušce.
Fig. 11 and 12 Condition of the rear seat attachments after the test.

4.2 Předepsané provedení zkoušky

Zkouška je popsána ve standardech FMVSS 216, GS 39, FMVSS 216a, IIHS C-AISI a též jsou používány modifikace těchto předpisů plynoucích z interních požadavků (např. podle teritoria vývozu, navýšení síly vzhledem ke koeficientu bezpečnosti, tab. 1).

Karoserie vozu tedy musí během deformace do 127 mm přenést zatížení úměrné násobku hmotnosti prázdného vozidla.

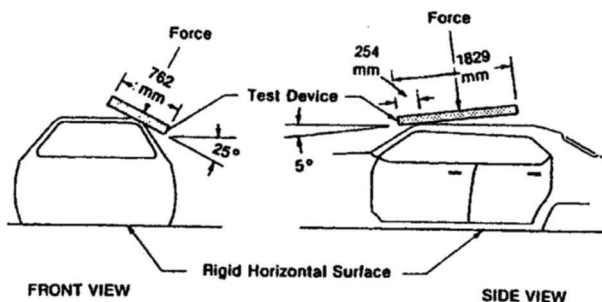
4.3 Realizace testu

Zkouška je prováděna tak, aby v maximální možné míře vyhovovala

Tab. 1 Porovnání různých předpisů pro provedení zkoušky.
Tab. 1 Comparison of different test regulations.

Parametr	FMVSS 216	FMVSS 216a	IIHS
Rychlost zatížení	Do 12,7 mm/s (0,5 inch/s)		5 mm/s (0,2 inch/s)
Zatěžovací deska	762 × 1829 mm (30 × 72 inch)		
Orientace desky	Podélná osa 5° pod horizontální rovinou, příčná osa 25° pod horizontální rovinou		
Požadovaná síla	1,5 × hmotnost prázdného vozidla × g	3 × hmotnost prázdného vozidla × g	Minimálně 2,5 × hmotnost prázdného vozidla × g
Max. síla na hlavu figuríny	nespecifikováno	222,2 N (22,65 kg, 50 lbs)	nespecifikováno
Max. rozsah deformace, při které se měří síla	0–127 mm (0–5 inch)	0–127 mm (0–5 inch)	0–254 mm (0–10 inch), ale hodnocení vztaženo k prvním 127 mm
Působíště zatížení	strana řidiče nebo společestujícího	strana řidiče a společestujícího	strana řidiče nebo společestujícího
Monitoring polohy desky	nespecifikováno	± 0,5° z původní polohy	nespecifikováno

FIGURE 2 TO § 571.216



Obr. 13 Schematický pohled na uspořádání zkoušky.
Fig. 13 Schematic view of the test arrangement.

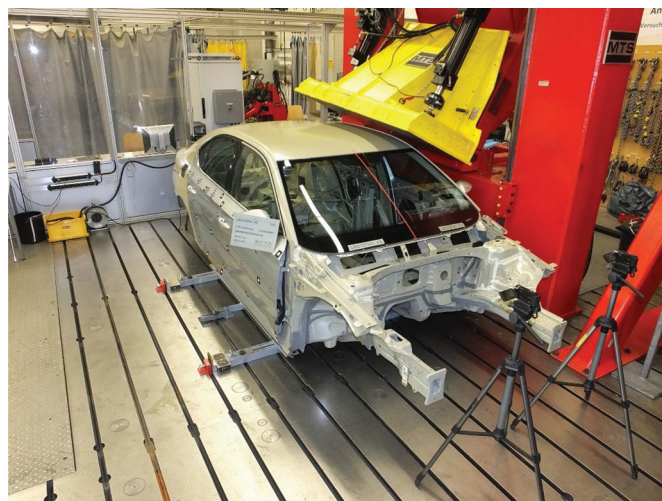
všem uvedeným předpisům. Zkušební zařízení je tvořeno tuhým nepoddajným blokem, jehož spodní plocha má tvar plochého obdélníku o rozměrech 762 × 1829 mm. Zkušební zařízení je nastaveno tak, že jeho podélná osa je 5° pod horizontální rovinou a příčná osa je 25° pod horizontální rovinou. Střed přední hrany zkušebního zařízení je umístěn 254 mm dopředu od nejpřednějšího bodu vnějšího povrchu střechy. Zkoušené vozidlo je uchyceno za prahy k upínací desce a usazeno pod zkušebním zařízením, všechny dveře a okna předních dveří jsou zavřeny. Ve vozidle je v místě zatěžování namontováno zařízení HPF (Head Positioning Fixture) s tříosým snímačem síly pro vyhodnocení kontaktu se stropem nebo jinými strukturami vozu. Protože ve vozidle nejsou většinou nainstalována sedadla, je poloha hlavice HPF určena z R bodu (parametr sedadla cestujícího) a známé polohy nástavce HRMD (Head Restraint Measuring Device) od R bodu (obr. 13, 14).

Rychlost posuvu 5 mm/s (0,2 palce/s), posunutí válce max. 127 mm (5 palců), vzorkovací frekvence měření 100 Hz.

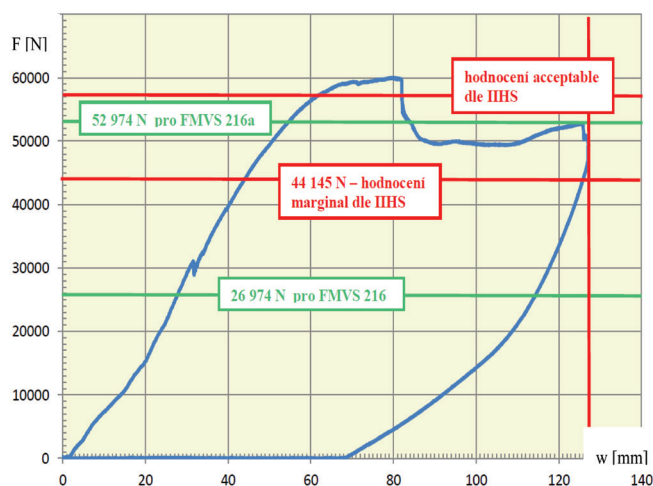
Zkouška byla prováděna ve zkušebně MAGNAACTS GmbH & Co. KG Seilauf na specializovaném zařízení od firmy MTS (obr. 15–17).

4.4 Vyhodnocení testu

Je zřejmé, že vzhledem ke kladným výsledkům testu, bezpečnost posádky je zajištěna. Síla je větší než přípustná hranice, nedošlo ke kontaktu náhrady hlavy s okolními částmi struktury karoserie.



Obr. 14 Testovaný vůz před zkouškou.
Fig. 14 The tested car before the test.



Obr. 15 Zatěžovací diagram – strana řidiče.
Fig. 15 Load diagram – driver's side.

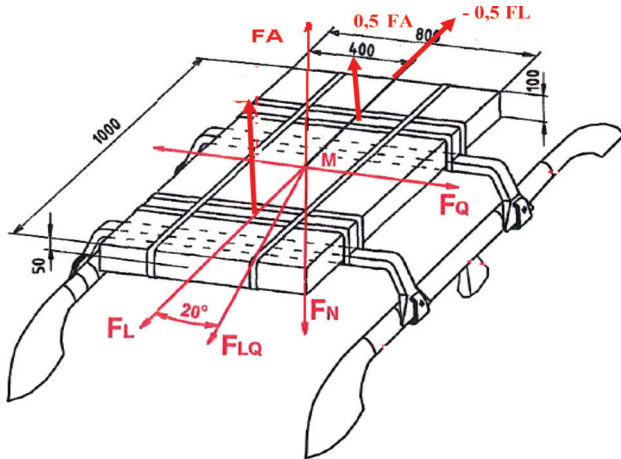


Obr. 16 a 17 Stav vozu po zkoušce.
Fig. 16 and 17 Condition of the vehicle after the test.

5. PEVNOSTNÍ ZKOUŠKA STŘEŠNÍHO NOSIČE

5.1 Popis problému

Při použití střešního nosiče na voze nesmí při různých provozních podmínkách dojít k mechanické poruše, která by mohla vést k uvolnění střešního nosiče s nákladem a k následnému ohrožení posádky, případně ostatních účastníků silničního provozu.



Obr. 18 Schematické znázornění působících sil.
Fig. 18 Schematic representation of the acting forces.

5.2 Předepsané provedení zkoušky

Zkouška je prováděna podle předpisu ISO/PAS 1 1154:2006 s přispěním některých interních doporučení (obr. 18).

Zkušební zátěžné síly působí v různých částech konstrukce, mají různý směr a jejich velikost je závislá na předepsaném maximálním zatížení konstrukce. Výdrž na maximální síle je 5–10 s.

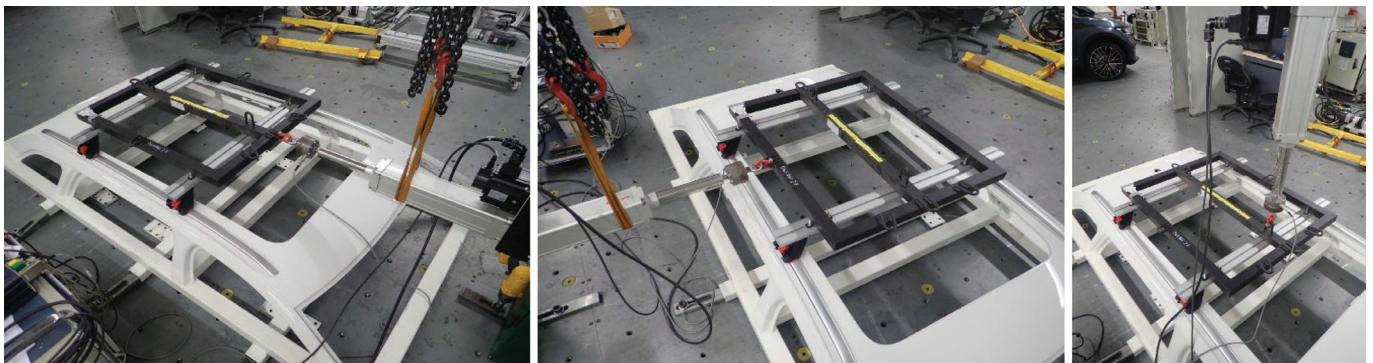
Síla F_L (ve směru jízdy) a síla F_{LQ} (o 20° odchýlena od směru jízdy) – při působení síly $0,5 F_L$ (F_{LQ}) = 1 500 N nesmí posuv nebo deformace předního příčnicku (vzhledem ke střeše) překročit 10 mm. Při působení síly F_L (F_{LQ}) = 3 000 N nesmí dojít k selhání funkce a posuv nebo deformace předního příčnicku nesmí dosáhnout 50 mm.

Vztlaková síla F_A (zatížení od 2 surfových prken, položených vedle sebe) působí po dobu 10 min. ve směru osy Z v místě předního příčnicku. Pokud není přední a zadní příčník shodný, nutno zadní příčník zatížit silou $0,5 F_A$ po dobu 10 min.

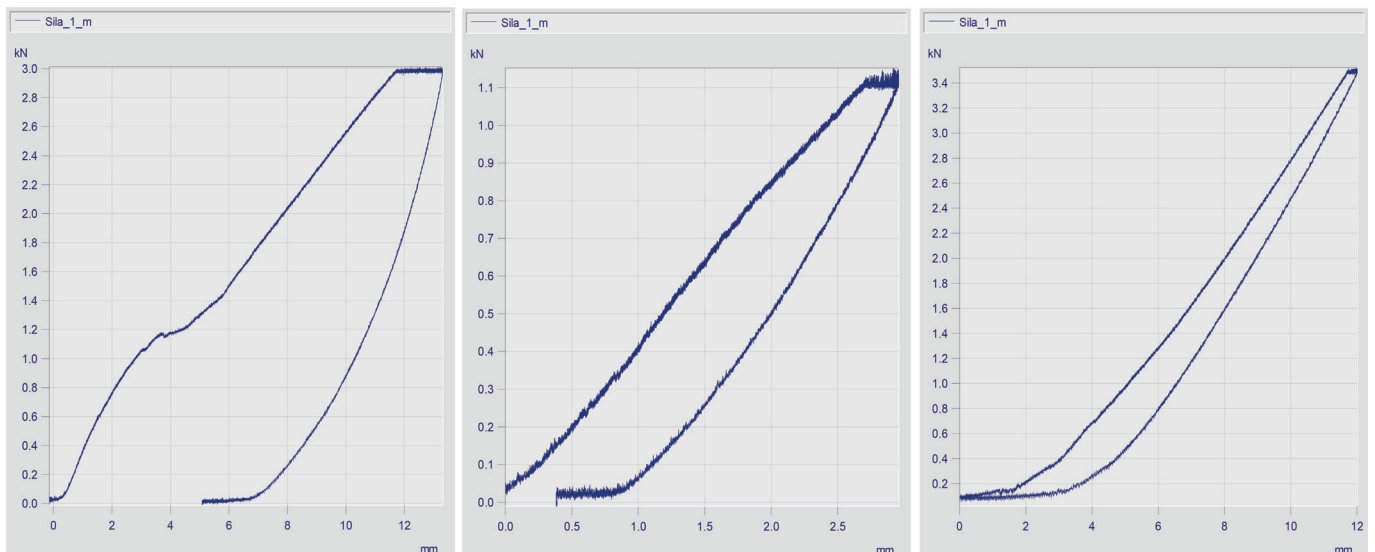
Zatížení boční silou F_Q (simulace bočního větru) působí po dobu 10 min. ve směru osy y. Po ukončení zkoušky musí nosič zůstat fixován ke střeše, maximální deformace nesmí přesáhnout 50 mm. Při zatížení $0,5 F_Q$ nesmí být deformace větší než 10 mm.

Uvažujeme maximální zatížení střešního nosiče 75 kg, potom:

$$F_L = 3\,000\text{ N}, F_A = 3\,500\text{ N}, F_Q = 1\,125\text{ N}.$$



Obr. 19–21 Pohled na uspořádání zkušebního stavu při zatěžování v různých směrech.
Fig. 19–21 View of the test bench arrangement during loading in different directions.



Obr. 22–24 Zatěžovací diagramy při zatížení v podélném, příčném a svislém směru.
Fig. 22–24 Load diagr. during loading in longitudinal, transverse and vertical directions.

5.3 Realizace testu

Při zkoušce možno použít celý vůz nebo příslušný výřez karoserie, natuho se ukotví k základové desce. Zatěžování je vnášeno pomocí lineárního elektroválce, vnitřní dráhoměr snímá posuv pístnice (tedy i deformaci konstrukce), připojený siloměr snímá sílu. Náklad je simulován tuhým svařencem z ocelových profilů (obr. 19–24).

5.4 Vyhodnocení testu

Po ukončení zkoušky nesmí dojít k překročení mezních hodnot deformací, k omezení funkce střešního nosiče, nesmí dojít k trvalé deformaci pevných částí, nesmí být pozorována poškození typu trhlin nebo lomů. Nosič musí zůstat ve všech případech fixován ke střeše.

6. PEVNOSTNÍ ZKOUŠKY ŠROUBOVÉHO SPOJE STŘEŠNÍHO NOSIČE

6.1 Popis problému

Šroubový spoj je důležitou součástí konstrukce střešního nosiče, jeho bezpečné spojení s karoserií je klíčové z hlediska provozní

spolehlivosti a bezpečnosti posádky vozu a ostatních účastníků provozu. Z tohoto důvodu je prováděna zkouška na stanovení utahovacího momentu a dále tenzometrická zkouška poklesu osových sil ve šroubu po utažení (obr. 25).

6.2 Předepsané provedení zkoušky

6.2.1 Zkouška stanovení utahovacího momentu

Zkouška je popsána předpisy pro zkoušky šroubových spojů, např. VDI 2862. Šrouby střešního nosiče patří do kategorie, kdy se šroub po utažení musí pohybovat v pružné oblasti, nesmí přesáhnout mez kluzu (obr. 26).

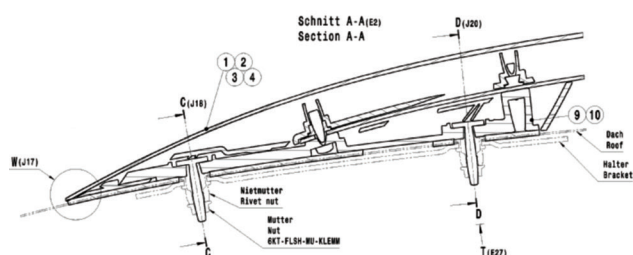
Podmínky pro správně utažený šroubový spoj:

$$M_F \leq 0,5 \times M_A,$$

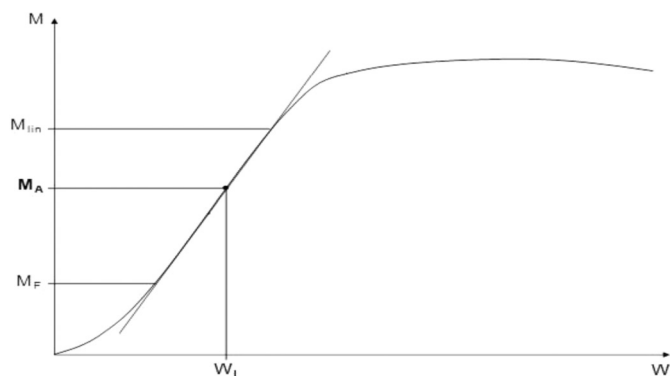
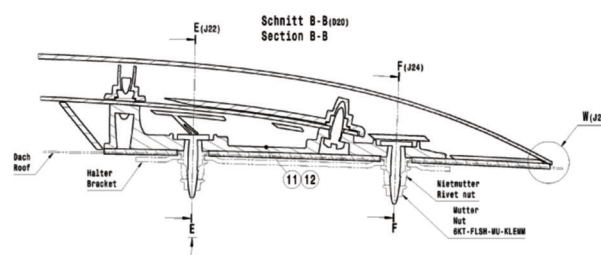
$$0,5 \times M_{lin} \leq M_A \leq 0,9 \times M_{lin},$$

$$M_A = 9 \pm 15\% \text{ Nm} \dots 9 \pm 1,35 \text{ Nm} \dots 7,65\text{--}10,35 \text{ Nm}.$$

Zkouška se vede až do porušení spoje, z výsledného diagramu utahovací moment – úhel natočení se odečítá hodnota M_{lin} – místo, kde se křivka odkloní od lineární závislosti.



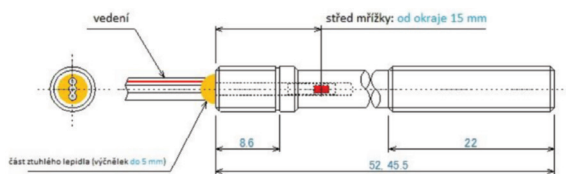
Obr. 25 Příklad provedení šroubových spojů střešního nosiče.
Fig. 25 Example of bolted connections for a load carrier.



Obr. 26 Schematické znázornění utahovacího předpisu.
Fig. 26 Schematic representation of the tightening regulation.



Obr. 28 Pohled na snímač momentu a úhlu natočení.
Fig. 28 Torque and rotation angle sensor view.



Obr. 27 Schematické znázornění tenzometrického měřicího šroubu Kyowa.
Fig. 27 Schematic representation of strain gauge measuring screw.

6.2.2 Zkouška měření poklesu osových sil ve šroubu

V současnosti se sleduje pokles utahovacího momentu ve šroubovém spoji, správně by bylo, sledovat změnu osových sil ve šroubu. Ne utahovací moment, ale pokles osových sil způsobuje degradaci spoje a způsobuje snížení kvality (povolení) šroubového spoje. Existuje technický prostředek, jak toho dosáhnout – tenzometrické šrouby (obr. 27).

6.3 Realizace testu

6.3.1 Realizace zkouška stanovení utahovacího momentu

Test je prováděn na karoserii vozu, do podélníků střešního nosiče uloženého odpovídajícím způsobem na karoserii vozu je šroubován přes snímač kroutícího momentu a úhlu natočení testovaný šroub až do destrukce spoje. Při testu byl se vzorkovací frekvencí 20 Hz snímán a zaznamenáván utahovací moment M_U a úhel natočení φ . Při zkoušce byl pro utahování použit elektromotorický nástroj s nízkými otáčkami. Nutno testovat minimálně 6 ks šroubů a následně statisticky vyhodnotit (obr. 28).

6.3.2 Realizace zkouška poklesu osově síly

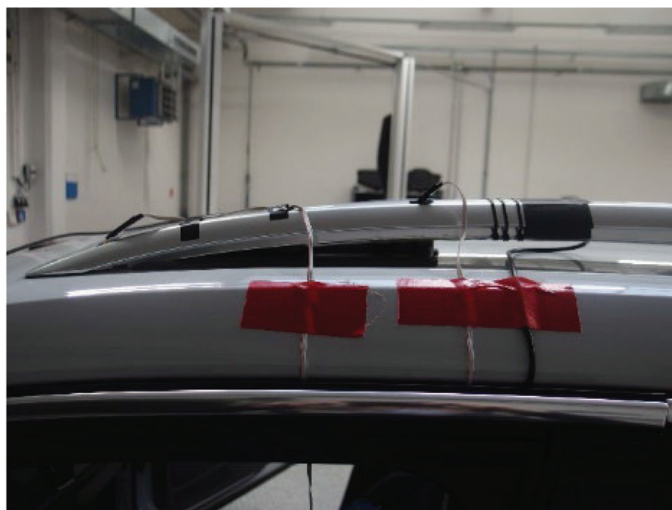
Umístění měřících šroubů při měření (obr. 29).

6.4 Vyhodnocení testu

6.4.1 Vyhodnocení zkoušky stanovení utahovacího momentu

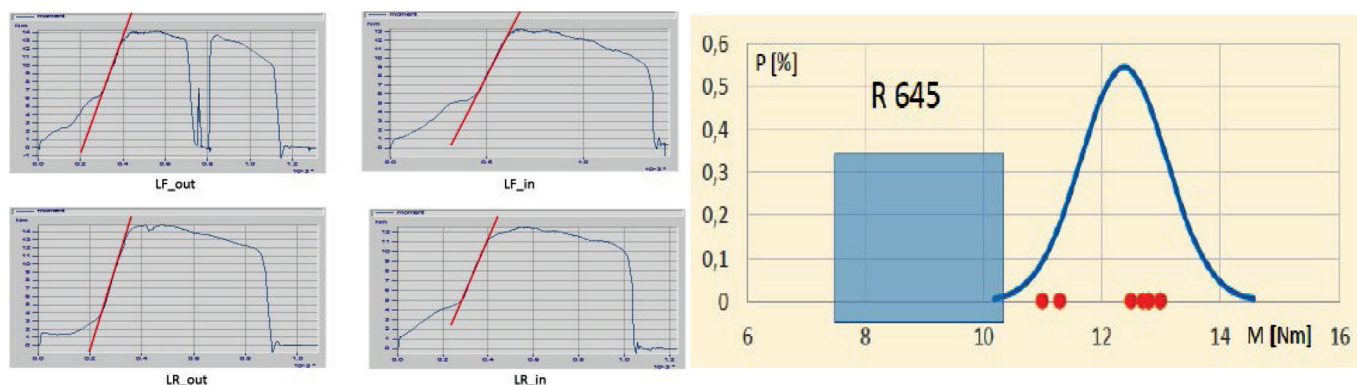
Ze zatěžovacích křivek (obr. 30–34) moment – úhel natočení jsou odečteny body, kdy se křivka odklání od přímkového průřezu – ty jsou následně předmětem statistické analýzy, hodnoty utahovacích momentů musí být pod mezí kluzu spoje. Předepsaný utahovací moment

$$M_A = 9 \pm 15\% \text{ Nm.}$$



Obr. 29 Umístění měřících šroubů při měření.

Fig. 29 Location of the measuring screws during measurement.



Obr. 30–34 Zatěžovací diagramy a křivka hustoty pravděpodobnosti.

Fig. 30–34 Load diagrams and a probability density curve.

Musí být použito dostatečné množství vzorků – minimálně 6.

6.4.2 Vyhodnocení zkoušky poklesu osově síly

Je snaha o kvalitní šroubové spoje, pokles osově síly se považuje za akceptovatelný, pokud její hodnota nepřesáhne 20%.

V případě nedostatků musí dojít ke změně kvality šroubů, změnu povrchové úpravy šroubů (koeficient tření, obr. 35–36).

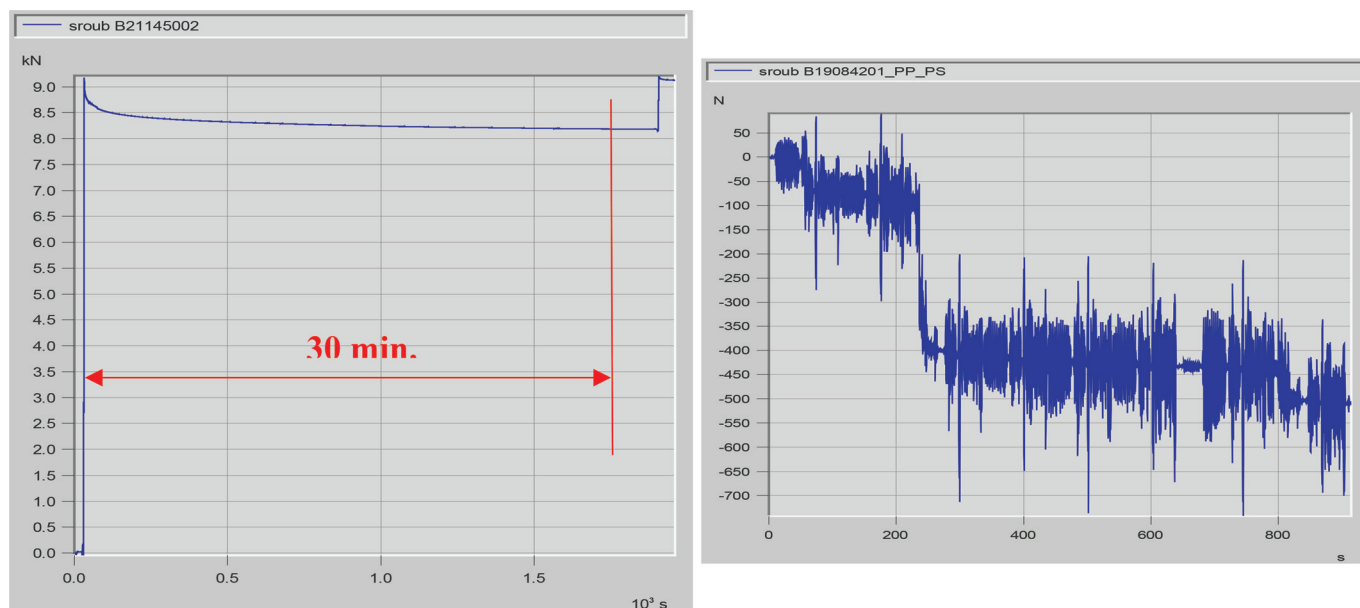
7. ŽIVOTNOSTNÍ ZKOUŠKA TAŽNÉHO ZAŘÍZENÍ A JEHO KOTVENÍ DO KAROSERIE

7.1 Popis problém

Únavové porušení zařízení kotvení přívěsného vozíku do karoserie tažného vozidla by mohly být důvodem velkého problému, který jasně vede k ohrožení posádky vozu, tak i ostatních účastníků silničního provozu. Proto je nutné již ve vývojové fázi dynamicky testovat vyvíjená vozidla na zatížení od přívěsného vozíku.

7.2 Předepsané provedení zkoušky

Zhruba před 20 lety začal ústav Fraunhofer Institut na žádost několika evropských automobilek (mezi nimi i Škoda-Auto) pracovat na studii zatěžovacího programu, určeného k hodnocení životnosti tažného zařízení, tak i jeho kotvení do karoserie vozu.



Obr. 35–36 Pokles osové síly 30 min po dotažení a po části životnostního testu.
Fig. 35–36 Axial force drop 30 min after tightening and after a part of the life test.

Program vycházel ze zatěžovacích spekter, které tehdy zúčastněné automobilky pro vývoj takových zařízení a pro ověření jejich životnosti používaly. Výsledkem byl zatěžovací program, který v maximální možné míře vyhovoval nárokům všech zúčastněných firem.

Jeho název je **CARLOS TC**, je to zkratka výrazu: **CAR LO**ading **Standard Trailer Coupling**.

CARLOS TC se skládá ze 3 modulů, každý obsahuje 3 normované časové signály ve směru X, Y, Z:

Modul 1 (M1): představuje zákaznické použití, délka: 630 s, 500 opakování

- Modul 2 (M2): zhoršený styl jízdy, délka: 271 s, 50 opakování;
- Modul 3 (M3): Speciální zatížení, délka: 51 s, 10 opakování;
- Celková délka testu je dána touto kombinací: $10 \times (5 \times (10 \times M1 + M2) + M3)$;
- Celková doba testu: 92 hodin.

Pro různé hmotnosti vozidla a vlečeného přívěsu se používá parametr měřítka D:

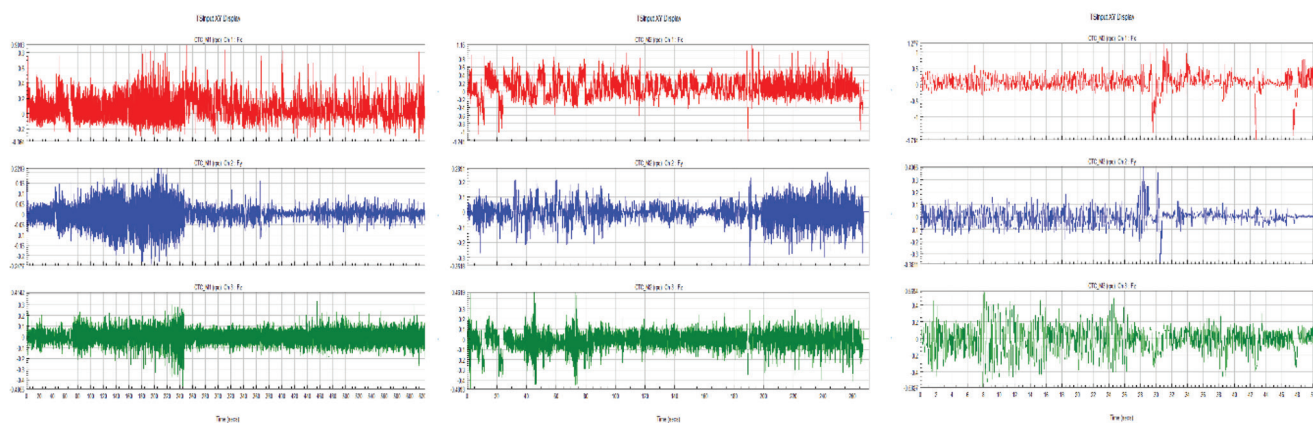
$$D = \frac{m_{Fzg} \cdot m_{Hänger}}{m_{Fzg} + m_{Hänger}} \cdot g,$$

kde:

- m_{Fzg} hmotnost vozidla,
- $m_{Hänger}$ hmotnost přívěsného vozíku,
- g gravitační konstanta.

7.3 Realizace testu

Při testu se používá celý vůz, navážený na maximální hmotnost, případně karoserie na povozku, též uměle dovážená na maximální hmotnost. V obou případech je vůz fixován za náhrady zadních kol k základové desce. Tažné zařízení je příslušným způsobem namontováno, šrouby jsou předepsaným způsobem dotaženy. V tomto případě se používá dotažení za mez kluzu spoje (základní moment + úhel).



Obr. 37–39 Časový záznam normovaných signálů M1, M2, M3 pro směr Fx, Fy, Fz.
Fig. 37–39 Time history of the standardized signals M1, M2, M3 for direction Fx, Fy, Fz.



Obr. 40 a 41 – Pohled na uspořádání zkušebního stavu.
Fig. 40 and 41 Arrangement of the test bench layout.



Obr. 42 Detailní pohled na testovanou oblast.
Fig. 42 Detailed view of the tested area.

Struktura je zatěžována pomocí 3 kanálového elektrohydraulického zatěžovacího stavu, hydraulické válce Inova, řídicí a regulační systém Flex Test IIm (MTS). Zkouška připravena iteračním způsobem metodou požadované odezvy (Remote Parameter Control).

7.4 Vyhodnocení testu

V průběhu testu je pravidelně kontrolován stav karoserie, tažného zařízení a šroubových spojů. Nepřípustné jsou trhliny a lomy, dále pokles utahovacího momentu o více než 20%. Pokud k tomu dojde, jsou nutné konstrukční změny, změna materiálu, změna utahovacího předpisu.

8. LABORATORNÍ ŽIVOTNOSTNÍ ZKOUŠKA CELÉHO VOZU

8.1 Popis problémů

Únavová porušení různých částí automobilu mohou vést ke stavům, kdy vzniklé únavové trhliny povedou až k lomům jednotlivých komponent a kdy jsou v ohrožení jak členové posádky, tak i ostatní účastníci silničního provozu.

8.2 Předepsané provedení zkoušky

Zkouška má simulovat zatěžovací podmínky na zkušebním polygonu EHRA, dráha EVP po stránce časové, frekvenční i po stránce kumulativního únavového poškození.

8.3 Realizace testu

Tyto zkoušky probíhají na multiaxiálních simulátorech vozovky, v našem případě jde o 16 kanálový stroj série 329 od firmy MTS. Použit software RPC Pro, k přípravě zkoušky použit přístup, kdy je zkušební režim řízen požadovanou odezvou měřících dílů konstrukce vozu. Předpokládá to pečlivý sběr provozních z míst, která spolehlivě popisují chování vozu při jízdě na zkušební trati.

Příprava zkoušky na tomto zkušebním stavu sestává z několika fází (celý proces trvá několik týdnů):

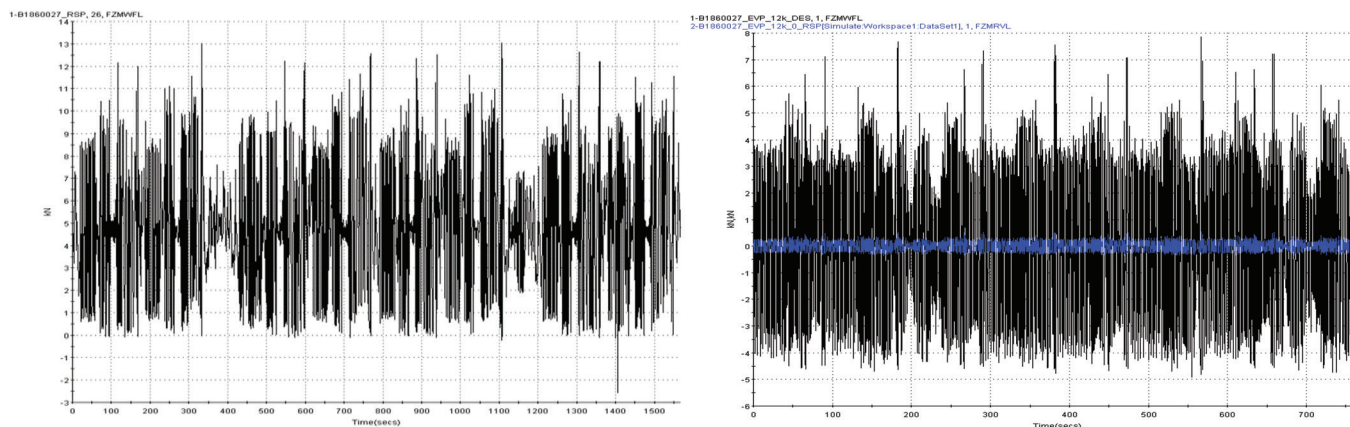
- instalace měřících systémů a sběr provozních dat,
- analýza provozních dat,
- identifikace soustavy – měření frekvenčních přenosových funkcí (FRF),
- odhad prvního zatěžovacího (drive) signálu,
- iterační proces – opakované měření odezvy ze vzorku, výpočet chybového (error) signálu, generování opraveného drive signálu,
- realizace životnostního testu (na základě posledního „správného“ iteračního kroku).

Jedná se o relativně složitý proces, náročný na znalosti z několika různých oborů a též náročný z hlediska času (příprava od instalace až po poslední iterační krok trvá několik týdnů usilovné práce). V žádném případě se nejedná o rutinní proces, který by se dal popsat pomocí jednoduchého návodu (obr. 43–46).

Omezením popisovaného testu je skutečnost, že zkouška je připravena pro konkrétní dynamickou soustavu – tedy pro vůz s daným naladěním podvozku, hmotností a rozložením hmot. Použitelnost na vůz s jiným naladěním podvozku, nebo dokonce na vůz jiné kategorie je více než diskutabilní. Je proto důležité již ve fázi plánování zkoušek prototypů vybrat vůz, u kterého se předpokládá nejvyšší zatížení (automobil s nejtěžším motorem, maximální výbavou...).

Výhody obdobné komplexní laboratorní zkoušky (i přes délku počáteční přípravy) jsou zřejmé:

- zaručená opakovatelnost testu,
- možnost dalších analýz na testovaném voze (většinou se při zkoušce provádějí ještě další, dílčí měření některých komponent jako základ pro přípravu zkoušek např. na elektrodynamických shakerech,
- zkrácení doby testu,



Obr. 43 a 44 Příklad časového záznamu – signál nahraný a editovaný – síla ve směru osy z – levé přední kolo.
Fig. 43 and 44 Example of time history – a signal recorded and edited – force in the direction of the z-axis – left front wheel.



Obr. 45 a 46 Pohled na 16 kanálový simulátor vozovky série 329 (MTS).
Fig. 45 and 46 View of the 16 channel road simulator series 329 (MTS).

- možnost těsné spolupráce se zadavatelem testu (zkušební polygon je v BRD, zkušebna je ve vedlejší budově),
- možnost objektivního monitoringu stavu vzorku během zkoušky,
- možnost zkoušky dalšího vozu již bez nutnosti počáteční přípravy.

8.4 Vyhodnocení testu

V průběhu testu se průběžně sledují **všechna poškození** vozu, nejenom ta kritická, která mohou mít za následek stav, ohrožující posádku vozu a ostatní účastníky silničního provozu. Dále se kontrolují důležité šroubové spoje, Mezi kritická poškození patří hlavně poškození přední a zadní nápravy, kotvení náprav do karoserie, poškození kotvení kapoty, dveří, zadního víka, čelního skla, střešního nosiče atd.

V případě nesrovnalostí musí dojít ke konstrukčním změnám, změnám materiálu konstrukce, změnám způsobu upevnění.

9. ZÁVĚR

V prototypové a předseriové fázi vývoje musejí být uskutečněny zkoušky karoserie, které prověřují, zda konstrukce splňuje podmínky pro ochranu posádky a ostatních účastníků silničního provozu podle různých předpisů. Jedná se o laboratorní pevnostní a životnostní zkoušky různých částí karoserie, kterým většinou předchází výpočty, využívající metodu konečných prvků. V případech, kdy je to proveditelné, následují nárazové testy a jízdní zkoušky, které slouží ke konečnému zhodnocení konstrukce. Laboratorní pevnostní a životnostní testy mají výhodu ve své relativní finanční nenáročnosti, rychlosti provedení, nezanedbatelná výhoda je to, že vzorek můžeme mít po celou dobu testu pod kontrolou, zkouška je řízená a opakovatelná. Nutno zdůraznit, že i době, kdy se klade velký důraz na úspory v oblasti vývoje a na zkracování doby vývoje, tyto testy mají své nezpochybnitelné místo, podepřené předepsanými zkušebními metodikami. Je zřejmé, že zkušební postupy, používané ve Škoda-Auto jsou ve většině případů náročnější, než obecně užívané metodiky.

10. LITERATURA

- [1] ISO 27955 Road vehicles – Securing of cargo in passenger cars, station wagons and multi-purpose vehicles. Requirements and test methods (ISO 27955:2010)
- [2] FMVSS 216 Roof Crush Resistance-Passenger Cars, 1.4.1991
- [3] ISO/PAS 1 1154 Road vehicles – Roof load carriers, First edition 2006-12-15
- [4] VDI 2862 Einsatz von Schraubensystemen in der Automobilindustrie, 1.

Správná citace:

ZDRAŽIL, K. Zkoušky pevnosti a životnosti karoserie osobního automobilu a jejich dopad na provozní bezpečnost. *Soudní inženýrství*, 2023, 34(1), 40–51. DOI: <http://dx.doi.org/10.13164/SI.2023.1.40>. ISSN 1211-443X.