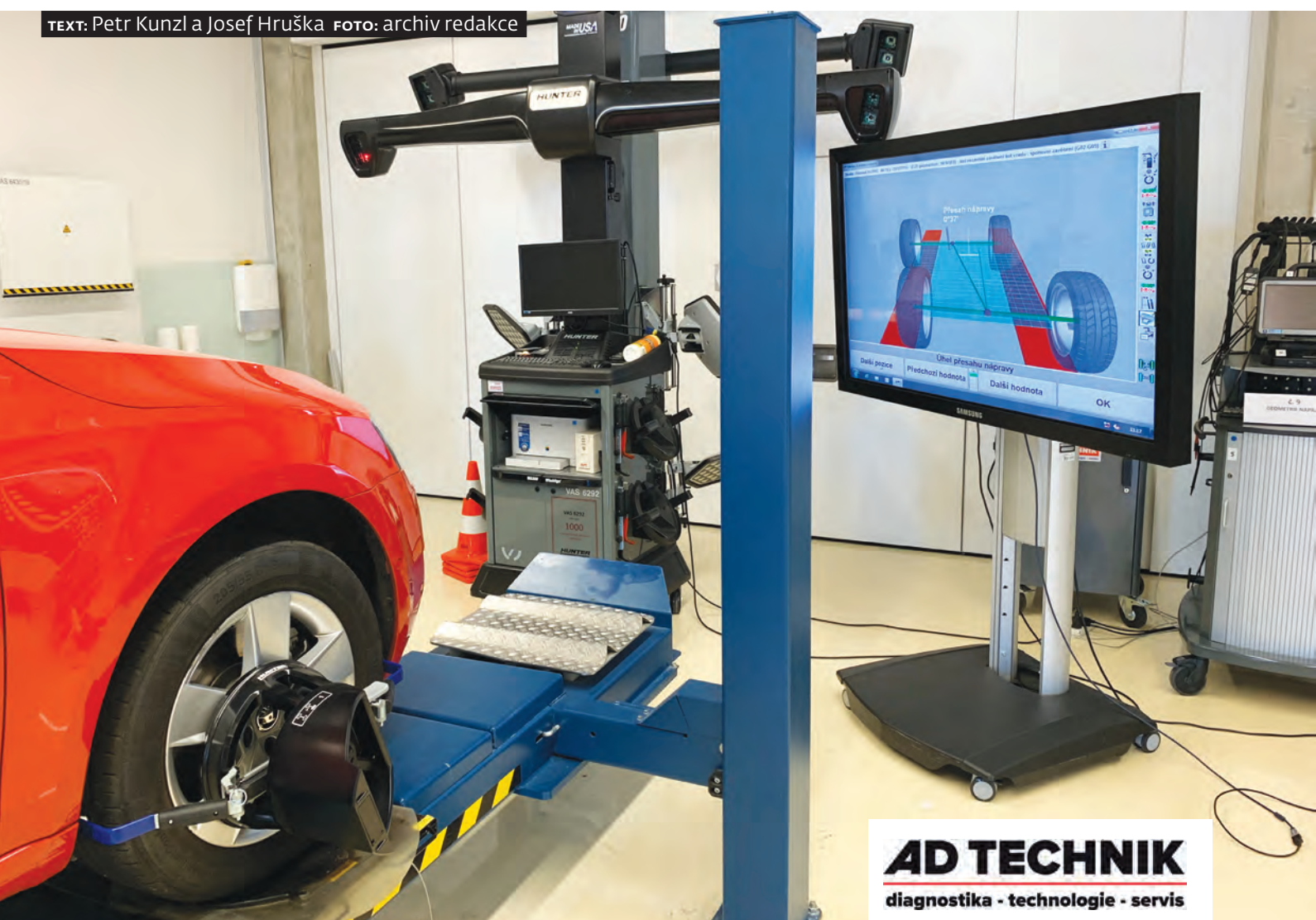


TEXT: Petr Kunzl a Josef Hruška FOTO: archiv redakce



**AD TECHNIK**  
diagnostika - technologie - servis

## TOHLE PŘECE DÁVNO VÍTE... (6) KDYŽ TO VIBRUJE TAK NĚJAK VŠELIJAK

Technické školení je skvělá věc. A neplatí to jen pro ty, kteří jsou školeni. Stejně tak může prospět i školiteli. Třeba tím, že ho uvede do reality. „Tohle přece už dávno víte!“ řekl by si kdekdo společně s pochybnostmi, zda vůbec něco tak samozřejmého na školení zmiňovat. Jenže opak je pravdou. Proto malé opáčko nikdy neuškodí. Navážeme tím na sérii článků o geometrii podvozku z předchozích vydání AutoEXPERTU. Tentokrát ale nepůjde čistě o geometrii jako takovou, pojednáno bude o vibracích, na něž si zblízka posvítí Petr Kunzl a Josef Hruška ze společnosti AD TECHNIK.

Přál bych vám vidět ten údiv, když na školení zmíním, že jeden z projevů špatně seřízené geometrie mohou být vibrace vozidla.

„Geometrie a vibrace? Od kdy jako? Když auto vibruje, vyvážím přece kola. Když to nepomáhá, zkontroluji jejich

stav, stav nábojů, kotoučů a správný způsob montáže na ně.“ To je samozřejmě naprosto správně.

A dál? Kardan ven (pokud na autě je), zní většinou svorně. A dál? Nové poloosy. A dál... Napadlo vás někdy ještě předtím, než začnete z auta pracně tahat jednotlivé rotující →



komponenty, udělat něco tak jednoduchého a bezbolestného, jako je kontrola geometrie?

„Ne, proč?“

## Jak dovede špatná geometrie rozvibrovat celé auto

Podvozek, resp. zavěšení kol je poměrně komplikovaný mechanismus obsahující řadu pohyblivých spojů. Kulové čepy, pružné uložení tlumičů, ložiska kol a silentbloky jsou jen základním výčtem. Každý takový pohyblivý spoj má svou vůli. Není řeč o nadměrné vůli, kterou dobrý mechanik odhalí při pravidelné údržbě, a daný díl obratem vymění. Myslím tím běžnou provozní vůli, kterou najdeme i u zcela nového vozidla a která se s postupujícím opotřebením zvětšuje, jakkoliv zatím zdaleka nemusí dosáhnout úrovně pro výměnu komponentu. Jeden příklad za všechny? Silentbloky uložení ramen. Zde je pružná vůle v uložení přímo žádoucí vlastností.



A tady nastupuje geometrie. Jako taková má řadu úkolů. Jedním z nich je vytvářet pnutí v systému celého zavěšení kol a řízení. Právě to zajistí, že za běžné jízdní situace jsou vůle všech komponentů jednostranně vymezeny, a nedochází tedy k jejich spontánnímu kmitání. Pomáhá to jak prodlužovat životnost, tak zajistit, aby řízení zůstávalo stabilní a pocitově bez nadměrných vůlí. Je přitom až zarážející, jak podceňovaný tento aspekt geometrie je. V servisní praxi se setkáváme se dvěma základními chybami, které mohou ve finále zavinit vibrování vozidla.

## Příliš velké pnutí

Nejčastěji bývá problém ve sbíhavosti, ale není to nezbytné pravidlem. Celková sbíhavost je v takovém případě nastavena na výrazně vyšší hodnotu, než je definováno výrobcem. Tedy kola se k sobě (nebo od sebe) sjíždějí ve výrazně větším úhlu, než je zamýšleno. Potom bude výrazně větší i takto vznikající pnutí v řízení a zavěšení kol. A tady je jádro pudla.

V nižších rychlostech bude následkem nepříjemně „tahačící“ řízení a opotřebením pneumatik. Vibrace se dostaví až při zrychlení, typicky přes 100 km/h. Zatímco v nižších rychlostech má adheze pneumatik, působící proti zavěšení kola, dost času, aby si našla rovnováhu s vytvářeným pnutím, při vyšších rychlostech může docházet k efektu přetažení a prudce uvolněné pružiny. Tedy kvůli vysoké rychlosti bude i nárůst pnutí v zavěšení velmi rychlý a jeho celková hodnota bude vyšší. A to do té míry, že rychle přesáhne protisílu adheze pneumatiky. To způsobí odskočení kola do strany a uvolnění pnutí v zavěšení. To ale vlivem rychlosti opět okamžitě narůstá a celý cyklus se opakuje. Vznikají tak mikrovibrace. Mohou, ale nemusí se přímo promítnout do řízení. Docela jistě ale postupně způsobí nepravidelné opotřebenění pneumatiky tzv. do pily. Nejpozději v tom momentu už vznikne problém s vibracemi a celkovou hlučností.

I kdyby nedocházelo k aktivnímu vzniku vibrací, bude tu další problém. Síla, která bude tlačit silentblok proti jeho krajní poloze, bude tak velká, že v daném směru vyčerpá veškerý potenciál své pružnosti (bude na dorazu). Pokud tedy přijde dynamický kmit působící stejným směrem jako samotné pnutí, namísto mírného pro pružení a jeho pohlcení se silentblok zachová jako pevný spoj bez vůle a pružnosti a přenesení celý kmit dále do karoserie vozidla. Takže vibrace, která by si za ideálních podmínek cestu k řidiči nenašla, tentokrát do vozidla pronikne ve své plné síle.

## Když pnutí nestačí

V takovém případě nejde o aktivní vznik vibrací jako při nadměrném pnutí. Pokud pnutí v zavěšení není dostatečné, nejsou vymezeny vůle v zavěšení a jednotlivé komponenty se vůči sobě v rámci svých vůlí mohou volně pohybovat. Tedy i kmitat. Proč by to dělaly? Protože na podvozku je spousta rotujících částí a tím i vibrací. Kromě kol jsou to přinejmenším brzdové kotouče, bubny nebo poloosy. Jen →



málokterý takový komponent je dokonale vyvážený. Většina z nich rotací mírně vibruje. A je to tak v pořádku. Konstrukce vozidla, primárně zavěšení kol, s tím počítá a je navržena tak, aby takové vibrace nebyly přenášeny do samotné karoserie.

Utlumení vibrací má na starosti především silentblok uložení ramene. Ten v případě mikrovibrací, o kterých je řeč, hraje větší roli než pružiny a tlumiče. Pokud je silentblok v dobrém stavu a jeho provozní vůle je vymezena správnou silou, je všechno v pořádku. Pokud tu ale pnutí není, dostává silentblok volnost pohybu. Celé rameno je tedy vůči karoserii uloženo velmi volně.

Potom stačí na jeho rozvibrování relativně malý impuls, namísto aby takové kmity byly utlumeny už v počátku. To by ještě vadit nemuselo. Stále je tu samotný silentblok, ten se o to přece postará. Ano, postará, pokud ovšem nedojde k rezonanci celého ramene, které se vlivem vnějšího buzení rozvibruje do té míry, že si s tím ani silentblok ve vzorném stavu neporadí.

Samotný efekt rezonance si vysvětlíme v následující části článku. Už teď si ale můžeme dopřát krátké shrnutí:

**Až si zase jednou nebudete vědět rady s autem, které tak nějak všelijak vibruje, až si budete jisti, že viníkem nejsou samotná kola, a ani svěcená voda nepomáhá, zkuste změřit a seřadit geometrii. V žádném případě to není univerzální lék. Je to ale poměrně snadný, rychlý a nenáročný krok. Přesně dle základního pravidla diagnostiky. „Pokud si nejsi jistý příčinou problému, začni tím nejjednodušším krokem.“ Dost možná vibrace jako takové nezmizí docela, ale jejich projev se zmírní hluboko pod onu nepříjemnou hranici, jejíž překročení přivádí zákazníka zpátky do servisu.**

## Nevyvážená kola

V rámci svých školení na téma vibrace s oblibou kladu prostou otázkou: *Jak si při zkušební jízdě snadno ověříte, že vibrace vozidla s největší pravděpodobností pocházejí právě od kol?*

Samozřejmě že je to tak trochu chyták. Klást prostě otázky, které mají snadné a zřejmé odpovědi, to uspí i školitele, natož jeho žáky. Tentokrát ale odpověď zase tak složitá není. Většina z nás ji zná, byť si to většinou neuvědomujeme. Každý řidič někdy zažil, jaké to je, mít nevyvážená kola. Vibrace tím způsobené dovedou být neskutečně otravné. Ten nepříjemný problém může postihnout jak patnáct let starou octavii, tak zánovní SUV libovolné prémiové značky. Zkuste si přesně vzpomenout, jak se to celé projevuje. Vibrace na sebe zpravidla upozorní při překročení rychlosti



100 km/h a rychle rostou. Maximální intenzity většinou nabývají v rozmezí 110 až 130 km/h. Pokud ale budete zrychlovat i dál, potom se ukáže, že se stoupající rychlostí se vibrace vytrácejí. Většinou ne zcela, ale pocitově na zlomek maximální intenzity pocítované právě v rozmezí 110–130 km/h. To je odpověď na položenou otázku.

**Pokud zkušební jízda odhalí takovýto průběh vibrací, je to přinejmenším velmi silná indicie, že problém je právě v kolech, jakkoliv to nemusí být nutně jejich nevyvážením.**

Prozrazením odpovědi to ale nekončí. Samotný fakt, že vibrace se po dosažení svého maxima snižují navzdory rostoucí rychlosti, se to

tiž zdá být iracionální. S rostoucí rychlostí vozidla se přece zvyšuje i obvodová rychlost kola. Tedy síla způsobená rotací nevyváženého kola by měla růst s rychlostí otáčení kola. Jenže realita je opačná. Vysvětlení je poměrně jednoduché, ale jen málokdo ho zná. Přitom jeho pochopení pomůže porozumět i dalším aspektům chování automobilových podvozků a šíření vibrací.

## Vlastní frekvence tělesa

Tato vlastnost je klíčem k pochopení výše popsaného jevu. Je to fyzikální pojem, který říká, že působí-li se na těleso silovým impulsem (bez ohledu na jeho intenzitu), ustálí se jeho kmitání vždy na jediné konkrétní frekvenci. Ta je dána materiálem (především hmotností) a tvarem tělesa.

Zní to poměrně šroubovaně a teoreticky. Zkusme celé vysvětlení aplikovat na zavěšení kola a kolo samotné. Pro naše účely můžeme celou soustavu zavěšení kola (vše od náboje až po rameno) chápat jako jedno těleso, které má svou – jasně danou – vlastní frekvenci. Podle typu konstrukce a použitého materiálu je typicky okolo 15 Hz (15 kmitů za sekundu). To znamená, že pokud během jízdy bude z kola přenesen do zavěšení jakýkoliv impuls (např. přejetí nerovnosti), rozkmitá se zavěšení kola právě touto frekvencí a bude úlohou tlumiče, aby tyto kmity utlumil. Hodnota vlastní frekvence zavěšení je stabilní a nijak se s rychlostí jízdy nemění.

## Rezonance

Pro účely našeho příkladu rozumíme rezonancí stav, kdy na zavěšení kola působí silové impulsy o stejné frekvenci, jako je vlastní frekvence samotného zavěšení. To je klíčový moment. Pokud totiž bude frekvence působení kmitů větší nebo menší, nejen že nedojde k rezonanci, ale celé zavěšení kola jako takové bude vlivem své hmotnosti působit jako jejich přirozený tlumič a jejich přenos do vozidla minimali- →

zuje. Naopak pokud bude frekvence buzení shodná s vlastní frekvencí zavěšení, budou se obě amplitudy (intenzity) sčítat. Tj. zavěšení kola bude přebírat kmity způsobené kolem a k tomu bude samo aktivně kmitat. A to je přesně ten moment, kdy jsou vibrace vozidla nejintenzivnější.

Jak už bylo řečeno, zdrojem vibrací je v našem případě nevyvážené kolo. Z podstaty věci vyplývá, že takové kolo vyvine právě jeden kmit za jednu svou otáčku. Má-li se tedy frekvence kmitů způsobená kolem vyrovnat vlastní frekvenci zavěšení, musí se otočit právě 15krát za sekundu. K ověření, v jaké rychlosti tento moment nastane, stačí matematika základní školy. Proto si zkusme velmi zjednodušený výpočet pro typické kolo s průměrem disku 17" a rozměrem pneumatiky 225/45.

Průměr kola = 0,63 m

Obvod kola = 1,98 m

Patnáct otáček za sekundu představuje rychlost jízdy 29,7 m/s, tedy 107 km/h.

Z výše uvedeného jasně vyplývá, že pokud je vlastní frekvence zavěšení kola přesně 15 Hz a je namontováno kolo o uvedených rozměrech, dojde k rezonanci právě v rychlosti 107 km/h (dle tachometru 110–120 km/h). Při dalším zrychlování se frekvence kmitů kola výrazně odchýlí od vlastní frekvence zavěšení a řidič bude subjektivně vnímat snižování intenzity vibrace, jakkoliv samotná síla vibrace způsobené nevyvážkou dál poroste, stejně jako její destruktivní vliv na ložisko, pneumatiku i celý systém zavěšení.

### Závěrem několik podstatných detailů

**Za první** je třeba mít na paměti, že jde o modelový příklad. Ve skutečnosti do hry vstupuje řada faktorů, které mohou mít na výsledné chování výrazný vliv. Předně vlastní frekvence zavěšení není u všech vozidel totožná. Mění se

s provedením a robustností. Se vzrůstající hmotností klesá typicky až k 10 Hz. Zároveň ale vzrůstající hmotnost má pozitivní vliv na schopnost tlumení vibrací. Zjednodušeně řečeno, stejně těžké kolo snáze rozvibruje lehčí rameno než to těžší.

**Za druhé**, čím větší průměr kola, tím vyšší rychlost je třeba k dosažení stejné frekvence kmitů.

**Za třetí**, k vyvolání skutečného efektu rezonance je v praxi třeba, aby daný stav vyrovnání frekvence kmitání kola s vlastní frekvencí zavěšení trval alespoň několik sekund. To vysvětluje jev, kdy se vibrace výrazněji projevuje při jízdě ustálenou rychlostí než třeba při plynulém zrychlování.

**Za čtvrté**, vibraci kola nemusí způsobovat pouze nevyvážek. Příčinou může být i tvarová odchylka nebo nerovnoměrná tuhost bočnice pneumatiky. V takovém případě ale intenzita (amplituda) vibrace s rychlostí nestoupá. Zůstává konstantní a se zvyšující se rychlostí roste pouze její frekvence, nikoliv její intenzita.

**Za páté**, vysvětlení jevu rezonance podvozku nás současně vrací zpět ke kapitole o situaci, kdy je pnutí podvozku vlivem špatně nastavené geometrie nedostatečné.

### Definitivně poslední poznámka

Poslední, ale neméně důležitá. Je třeba mít na paměti, že konstrukce podvozku moderních vozidel je velmi komplexní téma. I samotné šíření vibrací v nich by mohlo být předmětem mnoha odborných prací, počítačových simulací a desítek hodin jízdních zkoušek.

V článku jsme se tuto problematiku snažili popsat názornou a srozumitelnou formou, ale i přesto je pro správné pochopení zjednodušená a zobecněná. ■

**eshop.toplac.cz**

Dodáme Vám kompletní materiál do lakovny a karosárny.

**JEDNODUŠE**

Stačí kliknout a můžete lakovat.

**Všechny produkty na jedné stránce:**  
maskování – autolaky – leštění  
příslušenství do lakovny – a další

**TOPLAC**