



Počítačové modelování a laboratorní simulace provozních podmínek silničních a kolejových vozidel ve ŠKODA VÝZKUM s.r.o.

Miloslav Kepka

Mezi významné aktivity, kterými se zabývá ŠKODA VÝZKUM s.r.o. v oblasti dopravního strojírenství, patří počítačové modelování provozních stavů vozidel a experimentální simulace jejich budoucích provozních podmínek v laboratořích, na zkušebních stendech a zkušebních tratích. Prioritu přitom mají zejména silniční vozidla pro hromadnou dopravu (trolejbusy, autobusy), kolejová vozidla (lokomotivy, tramvaje, metro), nákladní automobily. Okrajově se jedná i o osobní automobily. Vlastnosti vozidel a jejich odezva na různé provozní podmínky (užitné zatížení, jízda přes nerovnosti vozovky a nebo profilem železniční tratě, nárazové stavy, jízdní manévry, obtékání vzduchem apod.) se vyšetřují pomocí počítačových modelů vozidel (MBS, MKP, CFD), simulací provozních podmínek na zkušebních stendech a nebo měřením přímo na vozidle (funkční vzorek vozidla, prototyp, sériový vůz). Maximální snahou je konfrontovat výsledky výpočtů s experimentálními výsledky a získat tak pro další optimalizaci konstrukčního a technologického řešení vozidla verifikovaný výpočtový model a prokázat způsobilost vozidla nebo jeho komponenty z hlediska plnění požadovaných předpisů.

Klíčová slova: silniční vozidlo, kolejové vozidlo, provozní podmínky, počítačové modelování, experimentální simulace, únavová životnost, pasivní bezpečnost, dynamika, hluk a vibrace, jízdní vlastnosti.

1. Úvod

ŠKODA VÝZKUM s.r.o. tradičně spolupracuje s výrobcí silničních a kolejových vozidel pro veřejnou dopravu. Experimentální základna ve ŠKODA VÝZKUM s.r.o. a moderní výpočtové postupy umožňují vyšetřovat provozní stavy vozidel např. z těchto hledisek: provozní únavová životnost, pasivní bezpečnost, dynamické a jízdní vlastnosti, hluk a vibrace, vnější a vnitřní aerodynamika. Přirozenými zákazníky jsou výrobci ze sektoru dopravního strojírenství ŠKODA Holding a.s. ŠKODA VÝZKUM s.r.o. přitom spolupracuje s řadou dalších výzkumných organizací, technickými univerzitami a pracovišti akademie věd.

Príspevek stručně popisuje a dokumentuje vybrané aktivity zejména v oblastech řešení provozní únavové životnosti, pasivní bezpečnosti, dynamiky, hluku a vibrací, jízdních vlastností vozidel.

2. Provozní únavová životnost vozidel

Jízda vozidel přes nerovnosti vozovek či železničních tratí, resp. jízdní manévry vozidel jako jsou rozjezdy a brždění, jízda do zatáčky apod. vedou ke vzniku kmitavých napětí v konstrukci vozidel. Tato napětí jsou superponována na nahodile se měnící statickou složku namáhání vozidel, která je odezvou na měnící se užité zatížení (počet cestujících, hmotnost přepravovaného nákladu apod.). Kmitavá napětí mají zpravidla charakter náhodného procesu a způsobují únavové poškození, jehož kumulace může vést ke vzniku a rozvoji únavových trhlin. Výskyt závěrečného lomu je přitom zcela nežádoucí z hlediska provozní bezpečnosti. Nadimenzovat a ověřit konstrukci vozidla tak, aby byla dostatečně odolná proti účinkům těchto kmitavých namáhání, vyžaduje realizovat celý komplex výpočtů a zkoušek během různých stádií vývoje vozidla a jeho rozhodujících komponent (konstrukční návrh, funkční vzorek, prototyp, sériové provedení). Metodikou ŠKODA VÝZKUM s.r.o. byl v posledních letech prověřen kompletní výrobní program výrobce trolejbusů ŠKODA Ostrov s.r.o. (trolejbusy 14Tr, 15Tr, 21Tr, 22Tr, 14TrSF, 15TrSF, autobus 21Ab). Metodika obsahuje navzájem propojené výpočtové a experimentální kroky, během nichž se konstrukce vozidla a jeho rozhodujících konstrukčních částí postupně optimalizuje:

- Vytvoření CAD, MBS a MKP modelů vozidla (Obr.1)
- Identifikace průběhů vnitřních sil působících při provozu vozidla v elementech vypružení vozidla pomocí MBS modelů
- Výpočty statických napětí ve vozidle pomocí MKP modelů, detailní analýza napětí v kritických uzlech konstrukce
- Výpočty vlastních frekvencí a vlastních tvarů kmitání konstrukčního systému vozidla
- Výpočty vynuceného kmitání a určení časových průběhů dynamických napětí v konstrukci vozidla pomocí MKP modelů
- Zatěžování funkčního vzorku vozidla na elektrohydraulickém zatěžovacím standu, tenzometrické měření napětí, modální analýza (Obr.2)
- Měření provozních napětí při jízdě vozidla po umělých a nebo reálných zkušebních tratích

Podpůrný výzkum je zaměřen zejména na tyto aktivity:

- Identifikace provozního dynamického zatížení vozidel a jeho měření
- Výpočty napěťové odezvy konstrukce vozidel na provozní zatížení a měření provozních napětí metodami experimentální analýzy napětí
- Analýza naměřených a nebo vypočtených časových průběhů napětí
- Únavové zkoušky základních materiálů a konstrukčních uzlů vozidel
- Výpočty únavového poškození a predikce provozní únavové životnosti

3. Pasivní bezpečnost vozidel

Cílem výzkumu a zkoušek v oblasti pasivní bezpečnosti vozidel je zejména prověření strukturální integrity konstrukcí vozidel z hlediska povolených deformací při definovaném zatížení. V posledních letech byly řešeny např. tyto úlohy:

- Experimentální realizace a počítačová simulace roll-over testu trolejbusu 21Tr a 22Tr dle předpisu EHK 66 ve spolupráci s ÚVMV s.r.o., Praha (Obr.2)
- Měření a výpočty deformací střechy trolejbusu 14TrSF a 15TrSF při jejím přetížení dle USA předpisů (Obr.1)
- Zkoušky trolejbusu 14TrSF bočními a čelními nárazy ve spolupráci s ÚVMV s.r.o., Praha

- Výpočet rychlého čelního nárazu tramvaje ŠKODA do tuhé bariéry ve spolupráci se Západočeskou univerzitou v Plzni (Obr.2)
- Výpočet pomalého čelního nárazu trolejbusu 21Tr do tuhé bariéry

Podpůrný výzkum je zaměřen zejména na tyto aktivity:

- Měření a popis vlastností materiálů při velkých deformacích a různých rychlostech zatěžování
- Měření deformačních charakteristik komponent a segmentů vozidel a jejich počítačová simulace pomocí MKP, ladění materiálových charakteristik a výpočtových modelů
- Zkoušky celých vozidel a výpočtové simulace se složitými počítačovými modely vozidel

4. Dynamika, hluk a vibrace, jízdní vlastnosti vozidel

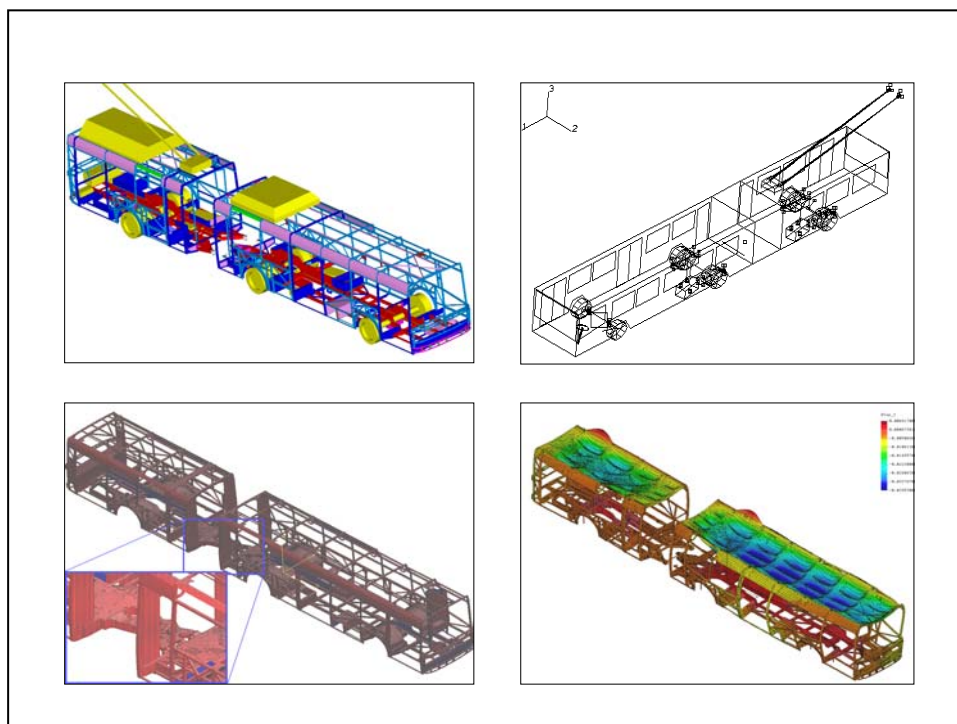
Pro silniční a kolejová vozidla lze ve ŠKODA VÝZKUM s.r.o. realizovat celou škálu měření a výpočtové podpory související s dynamikou a vibracemi vozidel. Jednalo se např. o tyto konkrétní činnosti:

- Měření modálních vlastností, vnitřního a vnějšího hluku nízkopodlažní tramvaje ASTRA
- Měření hluku a vibrací pohonu příměstské jednotky 471E
- Měření hluku a vibrací výrobní řady trolejbusů ŠKODA
- Počítačové simulace jízdních manévrů a výzkum směrové stability kloubového nízkopodlažního trolejbusu 22Tr
- Simulace nerovností profilu tratě a měření přenosových vlastností nákladního vagónu s ocelovými a kompozitovými listovými pružinami, posuzování vlivu vypružení na poškozování železničního tratě
- Laboratorní zkoušky vibrační odolnosti komponent vozidel, jako jsou motory, pomocné agregáty, regulační systémy, klimatizační jednotky apod.

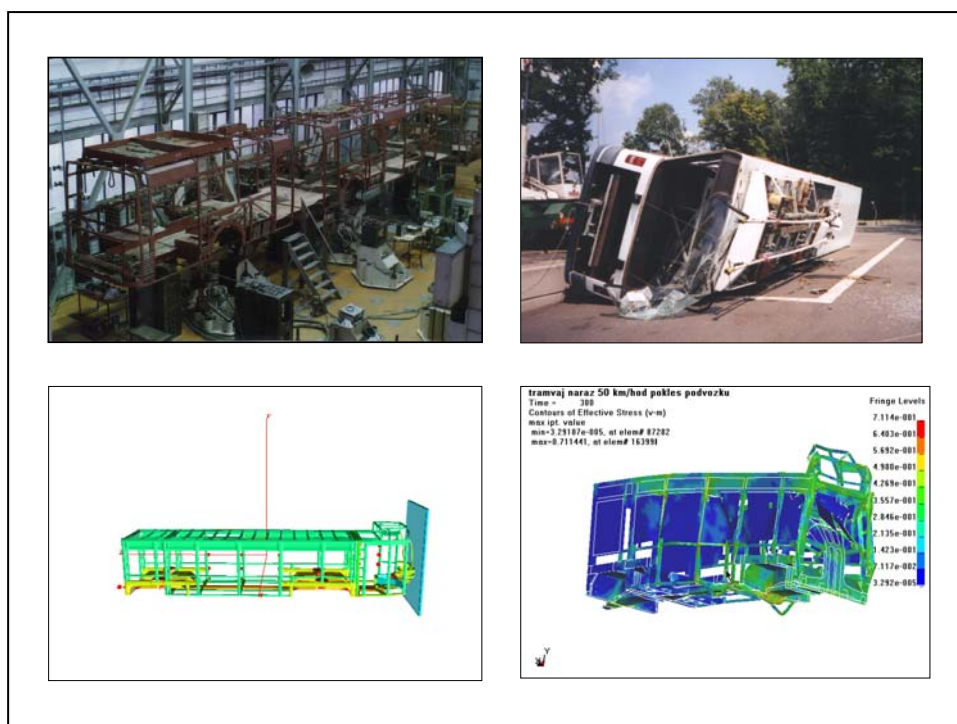
5. Závěr

Popsané aktivity jsou realizovány v rámci kontraktů pro průmyslovými partnery ze skupiny ŠKODA Holding a.s., pro externími zákazníky z ČR, ale i pro zahraniční výrobce. Výzkumná podpora je často realizována v rámci národních a mezinárodních programů na podporu vědy a výzkumu. Jedná se např. o tyto programy: Konsorcia MPO ČR, projekty Grantové agentury ČR, mezinárodní projekty EUREKA podporované MŠMT ČR, mezinárodní projekty 5. Rámcového programu EU.

Fakulta dopravní ČVUT Praha spolupracuje se ŠKODA VÝZKUM s.r.o. poměrně krátkou dobu. Přesto se již podařilo společně se zapojit do běžícího síťového projektu EU s názvem „European Vehicle Passive Safety Network 2“, obě organizace jsou členy mega-konsorcia, které do 6.RP EU předložilo projekt sítě excelence s názvem „Advanced Passive Safety Network“, připraven byl jeden projekt do programu EUREKA, rozpracovány byly také kvalitní projekty do programů MPO ČR.



Obr.1 – CAD, MBS a MKP modely trolejbusu, výpočet přetížení střechy.



Obr.2 – Stendová zkouška a roll-over test trolejbusu, výpočet čelního nárazu tramvaje.