

doc. Ing. Petr Heller, CSc.
Západočeská univerzita v Plzni
RTI, KKS

Oponentský posudek disertační práce na téma:

**„Stanovení metodiky systémové integrace komponent kolejového vozidla
k docílení optimálního prostředí v jeho interiéru
“**

Doktorand: **Ing. Lukáš Málek**

Školící pracoviště: **U 12 120 - Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
FS ČVUT v Praze**

Školitel: **Prof. Ing. Ladislav Rus, DrSc.**

Úvod:

V následující části oponentního posudku disertační práce Ing. Lukáše Mála se vyjádřím k jednotlivým bodům hodnocení, daných mi osnovou, předepsanou oddělením VaV FS ČVUT. Konstatuji, že práce má nebyvalý rozsah přes 400 stran.

1. Dosažení v disertaci stanoveného cíle

Disertační práce si stanovila neobvyklý a náročný cíl sestavení metodiky hodnocení interiéru s ohledem na pohodlí cestujícího. Základní filozofií metodiky byla synergie systému ČLOVĚK – VOZIDLO – PROSTŘEDÍ, která zohledňuje vzájemnou provázanost systému na úrovni studovaných vlivů. Metodika měla postihnout vlivy prostředí, tedy hluk, vibrace, světlo a teplo na člověka v kolejovém vozidle, přičemž člověk zaujímá různé místo v interiéru vozidla. Metodika by měla být uplatněna již ve fázi návrhu kolejového vozidla.

2. Úroveň rozboru současného stavu v disertaci řešené problematiky

Rozbor současného stavu v disertační práci řešené problematiky je proveden široce. Začíná stručně koněspřežní železnicí, dotýká se parní, motorové i elektrické trakce. Podstatná část je věnována rozboru současných kolejových vozidel. Je uvedeno rozdělení vozidel podle různých hledisek. Jsou uvedeny požadavky současných evropských norem na vozidla z hlediska pevnosti. Je uveden přehled různých konstrukčních řešení skříní, interiérů., systémy dveří, oken, nástupních prostorů. Velká pozornost je věnována interiérům, jejich řešení s ohledem na pohodlí a služby pro cestující. Také jsou zmíněna řešení kabiny strojvedoucího s ohledem na výhledové poměry pro sedícího i stojícího strojvedoucího. To vše pro různé typy vozidel. Je uveden přehled vozidel významných výrobců. Také je uveden přehled zdrojů hluku, který následně ovlivňuje pohodu cestujícího. Jsou to mechanické zdroje, které jsou částečně eliminovány sedadly. Dále jsou uvedeny elektrické zdroje hluku. Dále ostatní zdroje ovlivňující pohodu cestujícího, tedy světelné zdroje, tepelné zdroje a jejich podrobnější popis, i normy pro tyto záležitosti. Rozebírá antropometrii člověka, účinky prostředí na člověka, např. zrychlení a hodnocení jeho účinků na člověka, účinky zvuku na člověka, světla, únava člověka ze světla a mnoho dalších informací.

Lze konstatovat že rozbor je vyčerpávající.

3. Teoretický přínos disertační práce

Rozsah práce je nebyvale široký, práce má přes 400 stran. Rozbor současného stavu plynule přechází do teoretických řešení. Fyzikálně odlišná prostředí zvuku, vibrací, světla a tepla lze ve vztahu k vnímání člověka popisovat na jejich energetické úrovni jako elektromagnetické a mechanické energie vlnění. Metodika navrhuje optimalizační parametry jako je poloha, směr, intenzita, frekvence a expozice. Metodika popisuje sestavení přenosových cest mezi lidským faktorem (dále jen pozorovatelem) a systémovým zdrojem hluku, vibrací, světla nebo tepla. Přenosová cesta mezi pozorovatelem a zdrojem představuje informační vztah o toku intenzity, frekvence a expozice. Dizertant vysvětluje, že výše uvedené jevy mají jeden „společný jmenovatel“ a tím je **hladina stresu**. Každý z uvedených jevů, působí-li samostatně způsobuje jistou hladinu stresu. Působí-li tyto jevy současně nastane jejich nějaká „interference“ či „slučování“. Hledá matematické formulace, kterými popisuje jednotlivé jevy a s jejich pomocí hledá cestu ke „slučování“ těchto jevů. Metodicky postupuje od obecného popisu matematického modelu a postupnými iteracemi návrh optimalizovat. Nástroje jsou grafické např. Autodesk, výpočetní např. MS Excel a simulační např. Simpack a mnoho dalších. Pro popis prostředí je vhodné využít logaritmy, které lépe vystihují vnímání objektivních veličin. Následuje rozbor prahových a efektivních veličin jednotlivých fyzikálních veličin, ekvivalentní hladiny veličin, které byly již zmíněny, tedy zrychlení, osvětlení, tepelné intenzity, směrovosti, vzdálenosti, spektrální hustoty sledovaných jevů a stanovení hladiny stresu.

Toto je podle mne zcela nový teoretický přínos celé práce.

4. Praktický přínos disertační práce

Jako praktický příklad uvádí řešení parametrů a kritérií optimalizace. Diskomfort způsobují vibrace, hluk, teplo, světlo. Pro každý vliv sestavuje komplexní hierarchický model, který popisuje interakce systému ČLOVĚK-PROSTŘEDÍ-VOZIDLO.

Pro model člověka používá figurínu 3D Human CAD systému JACK&JILL, na kterém jsou rozmístěny body pozorovatele v závislosti na vnímaném vlivu. Dále použil model vozidla s příslušnými parametry, požadavky a podmínkami. V modelu rozmístil aktivní zdroje (hluku, tepla aj.), dále model prostředí, s rozmístěním 3 figurín člověka, dvě sedící v různých místech, jedna stojící. Použil model tratě železničního okruhu VÚŽ v Cerhenicích (malý okruhu). V simulačním systému SYMPACK simuloval jízdu a zjišťoval hodnoty zrychlení na jednotlivých figurínách a v těžišti vozidlové skříně při rychlosti 80 km/h. Dále aerodynamický hluk, teplo od slunečního záření. (Poznámka: Zde jsem nepochopil, jaký sw použil). Potom sestavil a vypočetl přenosové funkce, cesty vibrací od skříně k pozorovateli, cesty hluku dvojkolí, cesty aerodynamického hluku, stropních vyústek klimatizace a další nebudu jmenovat. (Poznámka: mám zato, že pozorovatelem je vždy jedna figurína ve vozidle).

Toto je praktický příklad optimalizace interiéru vozidla dříve, než nastane výroba. V tom spatřuji praktický přínos disertace.

5. Vhodnost použitých metod řešení

Dizertant vytvořil metodu převodu účinku prostředí na člověka, např. zrychlení a hodnocení jeho účinků na člověka, účinky zvuku na člověka, světla, únava člověka ze světla na jeden „společný jmenovatel“ a tím je „hladina stresu“. Toto řešení považuji za vhodnou metodu pro řešení systémové integrace komponent kolejového vozidla k docílení optimálního prostředí v interiéru vozidla. Přínosem této práce bylo prokázání možnosti hodnotit zdánlivě odlišné fyzikální jevy jednotným matematickým přístupem, pomocí logaritmických funkcí. Základem

metodiky je energetická synergie systému ČLOVĚK – PROSTŘEDÍ – VOZIDLO. Logaritmické funkce jsou aplikovány na základě Weber-Fechnerova zákona. Díky logaritmickým funkcím je zohledněna fyziologie vnímání podnětů okolního prostředí člověkem.

Princip metodiky je založen na sestavení pomyslných přenosových cest mezi různými zdroji na vozidle a místem pozorovatele. Samotná konstrukce vozidla v počáteční fázi není zahrnuta, jsou využity pouze časové průběhy intenzit pro jednotlivé zdroje, které vozidlo během simulovaného provozu generuje.

6. Způsob, jak byly použité metody aplikovány

Je obtížné posoudit aplikované metody. Zde se jedná hlavně o nalezení cesty, jak převést jednotlivé vlivy, zcela rozdílné vlivy, na nějakého „společného jmenovatele“. To se dizertantovi podařilo.

7. Prokázání odpovídajících znalostí v daném oboru

Předloženou disertační prací prokázal doktorand široké znalosti nejen z kolejových vozidel, ale také z mnoha oborů i mimo techniku. Tím je myšlena optika, akustika, ale i fyziologie lidského těla.

8. Formální úroveň disertační práce

Disertační práce má úroveň odpovídající mé představě o výborné dizertační práci a zřejmě i požadavkům školicího pracoviště. V práci je použita řada ručně kreslených náčrtů, které přispívají k objasnění popisovaného jevu.

9. Závěrečné doporučení

Předloženou disertační prací a seznamem publikací autora souvisejících s disertační prací doktorand prokázal široké, řekl bych mimořádné znalosti z oboru kolejových vozidel i z dalších, výše uvedených oborů.

Jsem si jist, že předložená disertační práce splňuje podmínky tvůrčí vědecké práce a **doporučuji** k obhajobě.

V Plzni dne 8.1.2021