

Posudek na diplomovou práci na téma: **Návrh zkušebního stavu pro zkoušení nápravových ložisek podle současných legislativních a provozních požadavků**

1. Vzhledem ke komplikovanosti celé věci, která je spojena s návrhem a konstrukcí ložiskového stavu pro zkoušení nápravových ložisek (dále jen LZS) se diplomová práce zaměřuje na 5 základních problémů spojených s návrhem LZS.

- návrh vyvozování radiálních statických sil ve svislém směru,
- návrh vyvozování axiálních dynamických sil v příčném směru,
- možnost provádění zkoušek pro maximální radiální zatížení až 30 t/n.,
- redukci celkových rozměrů LZS
- Návrh nosných ložisek pro zkoušky a rychlosti až 300 km/h

Spolu se zadáním a zásadami pro vypracování DP (pevnostní výpočty, popis metodiky, ...) je rozsah DP velký a dalo by se říct, že překračuje rámeček DP. Po prostudování DP jsem došel k názoru, že Bc. Radek Stuchlík **splnil** všechny zásady pro vypracování DP, které jsou uvedeny v zadání.

Při návrhu LZS student postupoval systematicky a navržená řešení jsou vzhledem ke komplexnosti celé problematiky LZS uspokojivá, vyhovující a v některých případech i překvapující.

2. V první části DP se student zabývá hl. legislativními požadavky, které jsou velice správně porovnávány ohledně evropské normy EN 12082: 2011 a připravovaného draftu prEN 12082 z roku 2015. Postup zkoušení je zde definován správně včetně výpočtů zatížení a ost. Z hlediska komplexnosti popisu zkušebního předpisu mi zde chybí velice důležitá část zkoušky a to je záběh (který norma také popisuje). V zásadě se dá říci, že bez provedení provozního záběhu by nejspíš žádná zkouška ložisek nevyšla. Určitě si to zasloužilo alespoň jednu kapitolu. Na druhou stranu je jasné, že vzhledem k zadání DP je tato část zkoušky nezajímavá pro svoje snížené zatížení.

Ve druhé části DP popisuje student stávající LZS a provádí simulační výpočty na stávající konstrukci, která již nevyhovuje požadavkům EN a zákazníků. Výpočty to mimo jiné potvrdily. V postupu a logice výpočtů jsem nenašel chybu.

Ve třetí části DP je navržena nová konstrukce LZS. Vzhledem k hlavním požadavkům, které jsou na konstrukci nového LZS kladeny (menší zástavbový prostor, ložisková komora v průběhu zkoušky v horizontální poloze tak aby kopírovala skutečný provoz, radiální síly zaváděny vertikálně) bylo postupováno správně a hlavně s velkou mírou inovativnosti. Vzhledem k svislému zavádění radiálních sil bylo použito hydroválece, který má elektronické řízení a tím, při vypnutí či kolizi LZS, okamžitě či s malým prodlením odlehčit radiální zatížení. Navíc Válec je umístěn tak aby tahal, což je lepší řešení než v případě tlaku, protože zatížení se lépe centruje. Pro axiální zatížení bylo použito standardních hydraulických válců AH 40-100, které svými vlastnostmi plně postačují k zajištění požadavků na ax. síly dle EN 12082. Nicméně konstrukce, přes kterou se axiální zatížení přenáší je navržena minimálně diskutabilně, vzhledem k tomu že je plovoucí. Nevidím velký přínos tohoto řešení, protože při chodu stroje (kdy celá konstrukce LZS vibruje) by byla nestabilní, protože je pouze položena na stojinách LZS vedena svorníky v podélném směru a vzhledem k použitým trojosým kloubům by měla tendenci se i zvedat, protože ve svislém směru není jištěna vůbec. Celé by to držel jen dlouhý čep v pryžovém pouzdru. Netvrdím, že by to nefungovalo, nicméně by to znamenalo hlubší úvahu o zdokonalení tohoto řešení jako vertikální kluzné vedení hlavních podélníků atd. Na druhou stranu oceňuji inovativnost řešení, a že se student neomezil pouze k přebrání starého

systému zatížení pouze s nějakými úpravami a myslel i na zjednodušení montáže či demontáže zkoušených ložisek.

Ve čtvrté části DP se student zabývá návrhy nosných hřídelů pro LZS. Z hlediska korektnosti výpočtů a analýz jsem nenašel chybu. Pouze bych uvítal, kdyby se DP zabývala více možnostmi synchronního pohonu 2 hřídelů (jejichž použití umožňuje demontáž zkoušených ložisek bez demontáže nosných, což je vzhledem k Legislativním podmínkám zkoušky velká výhoda). Ale vzhledem ke zvolenému řešení již na začátku DP je tento postup s jedním hlavním hřídelem logický.

V poslední části DP se student zabývá nosnými ložisky. Vzhledem k použití jednoho hlavního hřídele celkem logicky došel k závěru, že optimální je použít dvojitá naklápěcí soudečková ložiska a vzhledem k tomu, že optimalizoval průměry hřídelů, bylo možné použít menší velikosti ložisek, což zvýšilo rychlost otáčení. Je zde i řešena otázka provozu ložisek při extrémních teplotách. Z tohoto hlediska bych chtěl podotknout, že provoz ložiska nad 120 °C již nemá opodstatnění z hlediska použití na LZS hned z několika důvodů. První věc je otázka měření teploty ložiska, kdy je možnost tuto teplotu měřit (konvenční metodou) pouze na vnějším kroužku, což není maximální teplota v ložisku. Kolik je skutečně maximální teplota lze jen odhadnout. Dále je to otázka použití maziva. Standardní ložiskový olej již při 120 °C nemá ty správné mazací účinky a při zvyšování teploty začne pění. Dále by zcela jistě odešla gufera, kterými by byla LS jistě těsněna a degradace ložiska by tak byla mnohem rychlejší. Nosné ložisko by se muselo vyměnit dříve než by byla zkouška dokončena v kompletním rozsahu, což by znamenalo (vzhledem k použití jednoho nosného hřídele) demontovat i zkoušená ložiska. Toto EN 12082 nepřipouští a zkouška by se musela opakovat celá znovu. V poslední řadě je nevhodné provozovat nosná ložiska při vysokých teplotách, protože dochází k tepelnému ovlivnění zkoušených ložisek, jejichž měření je hlavním výstupem zkoušky.

3. Z hlediska formálnosti a úpravy hodnotím DP velice kladně. Problémy jsou řešeny postupně, tak jak by logicky na sebe měly navazovat. Vzhledem k rozsáhlosti DP drobné pravopisné chyby nehodnotím. V seznamu příloh chybí výkresová dokumentace.

4. Použitá řešení jsou tvůrčí a inovativní. Jejich použití pro stavbu skutečného modernizovaného LZS by dozajista šla použít, ale musela by být zdokonalena a trochu upravena.

Doplňující otázka: Jakým způsobem by student řešil snižování (udržování) provozní teploty na nosných ložiscích?

Celkově hodnotím práci jako velice dobrou a vzhledem k náročnosti zadání hodnotím DP známkou **výborně (1,0)**.

V Pradubicích 12.1.2016



Ing. Jiří Soukup

Vedoucí Dynamického zkušebního stavu – VUZ, a.s.