

Posudek recenzenta disertační práce pana Ing. Aleše Máchy

Název disertační práce:

Konstrukční, technologické a výpočtové problémy při vývoji kotle malé parní lokomotivy

Zaměření a obsah práce:

Práce „Konstrukční, technologické a výpočtové problémy při vývoji kotle malé parní lokomotivy“ se zaměřuje na návrh a kontrolu kotle malé lokomotivy (modelu odvozenému z reálné lokomotivy zmenšením) s cílem vytvořit použitelnou metodiku pro navrhování těchto strojových částí. Při vývoji nových konstrukčních provedení je obvykle používán opačný postup – zmenšený model slouží k ověřování některých vlastností díla, protože pořízení prototypu a jeho odzkoušení je pro počáteční fázi vývoje nákladné – např. ověření obtékání při pohybu pro automobily, letadla aj.

V předložené práci byl proveden návrh kotle pro stroj (lokomotivu ČKD 1435) zmenšený 1:7,8, návrh byl realizován a ověřen experimentálně (tenzometricky, topná zkouška). Je reálným předpokladem, že výroba a prodej podobných modelů může být výhodnou náplní pro drobné podnikání, neboť modelové zahradní železnice jsou v současnosti na trhu úspěšně prodávány. Výkon parního stroje je zvolen $P = 500\text{ W}$, kotel má dodávat páru v množství resp. hmotnosti $m_u = 3,1\text{ kg/h}$ páry při tlaku $p = 1\text{ MPa}$ a suchosti $x = 0,97$.

Aktuálnost tématu:

Výsledky řešení mohou být využity pro rozvoj podnikatelských aktivit v oblasti stavby modelových železnic (rozchod např. $7\frac{1}{4}$ “, 5“, 2,5“). Tato oblast prožívá rychlý rozvoj a téma zvolené autorem je možno považovat za aktuální.

Cíle práce:

Autor stanovil jako cíle své disertační práce provedení optimálního návrhu parního kotle malé lokomotivy, ověření tohoto návrhu výpočtem podle norem, ověření návrhu pomocí MKP, ověření návrhu experimentálně (tenzometricky), a dále pak vypracování konstrukční a výpočtové metodiky pro návrh podobných zařízení.

Splnění cílů práce:

Stanovené cíle práce byly dosaženy, práce obsahuje podrobné řešení reálného příkladu, který je zdokumentován včetně ukázek reálného díla – fungujícího modelu. Obsáhlá část práce se zabývá podrobnou pevnostní kontrolou kotle modelové lokomotivy. Kontrola je provedena pomocí norem, nejvíce namáhané uzly jsou podrobeny MKP analýze. Na vyrobeném prototypu je provedena topná zkouška. Užitím tenzometrů bylo zjištěno namáhání při vnitřním přetlaku vyvozeném ruční pumpou ve vodou naplněném kotli.

Zvolené metody řešení či zpracování:

Autor použil klasické postupy navrhování, od volby parametrů, přes konstrukční řešení podpořené návrhovými a kontrolními výpočty, až po realizaci díla a jeho prověření zkušebním provozem a zkouškou zaměřenou na ověření výkonu. Kontrolní výpočty byly provedeny podle norem a podpořeny MKP analýzou nejvíce zatížených uzlů. Byla provedena rovněž tlaková zkouška a při ní pomocí tenzometrů zjištěno namáhání, což doplnilo MKP analýzu a podpořilo její výsledky. Ty se nelišily od tenzometrického měření o více jak 10%, běžně o cca 2%. Autor se důvtipně vyrovnal s řadou problémů, které provedení měření před

něho postavilo (stanovení tepelného obsahu vyrobené páry pomocí jednoduchého kalorimetru aj.). Metody řešení autorem používané jsou vhodné pro realizaci malého kotle a jeho odzkoušení, byly použity na základě exaktní úvahy a nekladou ani neúměrné náklady na jejich použití. Výsledky jsou průkazné a potvrzují autorovy předpoklady. Autor pracoval pečlivě a zodpovědně, jeho přístup byl logický a důsledný. Zvláště je třeba ocenit autorovu vytrvalost a pochopit skutečně veliký rozsah provedených prací.

Zvládnutí vědeckých metod práce, prokázání teoretických znalostí v oboru:

Autor provedl MKP analýzu namáhání vysoce zatížených uzlů kotle a řešil rozložení teploty ve stěnách kotle pomocí MKP. Při zadávání těchto problémů do programu ANSYS je nutno zvládnout principy statiky, termiky a pružnosti a pevnosti na vysoké úrovni, aby výsledky skutečně vystihovaly realitu. Autor tím prokázal teoretické znalosti v oboru pružnost a pevnost a částí strojů, což podpořilo i úspěšné provedení tenzometrických měření (jejichž výsledky byly v souladu s výsledky MKP analýzy). Autor zvládá vědecké metody práce a to je prokázáno vyřešením komplexního úkolu, jehož řešení si autor předsevzal.

Výsledky disertační práce a jejich přínos a význam pro vědní obor:

Výsledkem disertační práce je shrnutá metodika návrhu a kontroly kotle malé (modelové, zahradní) lokomotivy. Tato metodika byla odvozena z praktického postupu řešení skutečného stroje – malé lokomotivy, resp. především jejího parního kotle jakožto rozhodujícího uzlu, který podmiňuje výkon a vůbec realizaci tohoto díla.

Přínos nových poznatků pro obor:

Práce ukazuje komplexní návrh a zpracování výrobní dokumentace, je dokumentována výroba a odzkoušení výrobku. Součástí návrhu je provedení podrobného ověření namáhání rizikových částí pomocí MKP a tenzometrických měření. Jako shrnutí je připravena metodika navrhování kotlů malé zahradní modelové železnice. Vypracování této metodiky je završením práce a poskytuje podklad i pro přípravu metodiky navrhování jiných částí strojů.

Problematická místa práce:

Na str. 25 je uveden poloměr kliky 19 mm, na stranách 26 a 27 je dosazen tento poloměr 29 mm (což souhlasí s hodnotou odměřenou na výkresu), rozdíl je značný – znamenal by potřebný dvojnásobný tlak atd. Vzhledem ke konečnému zaokrouhlování na dvojnásobek by byl ovšem dopad potlačen. Zřejmě se jedná o chybný přepis (poloměr klikové kružnice zaměněn v zadávací tabulce za poloměr pístu).

Při volbě parametrů modelu lokomotivy nebyly využity možnosti, které poskytuje Nauka o podobnosti. Bylo pouze zvoleno délkové měřítko a jak autor uvádí, „rozměry jsou uzpůsobeny větší tažné síle, než by odpovídalo prostému přepočtení měřítkem“. Z hlediska podobnosti při stavbě modelů by mohlo být uplatněno Hookeovo kritérium pro síly a namáhání a Pécletovo kritérium pro přestup tepla v kotli. Prakticky všechny parametry jsou subjektivně zvětšovány, např. „je nutné výkon kotle volit větší, přibližně 1,5 až dvojnásobek“ na str. 28. Pro metodiku návrhu je to poněkud nejednoznačné.

Je jasné, že pro tlakovou zkoušku není možno opatřit kotel vnější izolací (nalepení tenzometrů, zjištění netěsností). Pro běžný provoz lze považovat izolaci vnějšího povrchu kotle za potřebnou nejen kvůli omezení tepelných ztrát, ale především kvůli bezpečnosti

obsluhy, diváků apod. Tato izolace ovlivní výkon kotle a parametry dodávané páry a autor by měl předpovědět jak.

Pro tepelné motory jsou běžně uváděny diagramy pracovních oběhů (indikátorový diagram $p-v$, diagram entalpie-entropie). V případě malé lokomotivy nebudou asi parametry zcela vyrovnané v průběhu času (vliv přikládání na topeniště, odběry), ale diagramy ukazují vlastnosti média v průběhu pracovního cyklu, který může být idealizován. Autor by měl tyto diagramy uvést, resp. alespoň zmínit nebo popsat.

Otázky směřující na autora při obhajobě:

1. Je možné a také výhodné použití některých podobnostních kritérií pro navrhování geometricky podobného modelu odvozeného od skutečného díla v řešeném návrhu?
2. Jak vypadají pracovní diagramy (indikátorový diagram $p-v$ a diagram závislosti entalpie na entropii $i-s$) pro oběh parního stroje?
3. Jak se projeví izolace parního kotle na jeho výkonu a účinnosti a má izolace pro praktické užití jiný význam kromě ochrany bezpečnosti obsluhy a diváků?

Závěr:

Autor v předložené práci prokázal schopnost vědecké práce a provedl zobecnění poznatků získaných v průběhu návrhu a realizace konkrétního díla, tj. kotle malé parní lokomotivy. Použil některé metody, které dávají seriózní výsledky a jejichž použití je podmíněno zvládnutím inženýrské teorie v oblasti mechaniky a termomechaniky. Jeho práce přináší některé nové poznatky v oboru. Proto jeho práci

doporučuji k obhajobě před odbornou komisí oboru

a v případě úspěšné obhajoby se domnívám, že autorova disertační práce splňuje nároky na získání kvalifikace resp. titulu PhD.

V Praze 5. prosince 2011



doc. Ing. Jan Bečka, CSc.
ČVUT v Praze, fakulta strojní

Posudek disertační práce Ing. Aleše Máchy
“Konstrukční, technologické a výpočtové problémy při vývoji kotle malé
parní lokomotivy”,
TU v Liberci, FS 2011

Předložená práce má 72 stran a přílohy 3 přílohy textu, dále obsahuje výkresovou dokumentaci. Práce se zabývá v současné literatuře málo zpracovávaným, spíše historickým tématem, aplikovaným na výrobky modelářského průmyslu.

Aktuálnost

Problémy žárotrubnatého kotle Stephensonova typu jsou zevrubně řešeny v technické literatuře do padesátých let minulého století. V současné mohou tyto kotle mít jisté aplikace pro distribuovanou energetiku, zejména v případě využití odpadního tepla jiných tepelných strojů, kde se může uplatnit i jejich velká akumulací kapacita. Ta je ovšem současně důvodem jejich menšího používání v běžné energetice, neboť jejich provoz je na rozdíl od parogenerátorů riskantnější a dosažitelný tlak páry je silně omezen na malé jednotky MPa (německé pokusy o středotlakou parní lokomotivu s kotelním tlakem 2,5 MPa ve třicátých letech nebyly úspěšné). Rovněž diskusi o významu přímé a nepřímé výhřevné plochy by tam autor našel, zejména odklon od chybného přesvědčení R. P. Wagnera RZA DRG o nutnosti zvětšovat nepřímou výhřevnou plochu a příklon k americkým spalovacím komorám). Tyto práce však autor nebral v úvahu a vyšel spíše z popularizační a nostalgické literatury posledních padesáti let. Pro využití výsledků v distribuované energetice by se práce musela zaměřit na zcela odlišná velikostní měřítká kotlů, která souvisejí se spalovacími pochody a sdílením tepla na obou stranách teplosměnných ploch i s významnými teplotními pnutími kotlů, ovlivňujícími zejména namáhání výztužných elementů skříňového kotle nízkocyklickou únavou (např. rozpěrek). I když modelářský průmysl může využít výsledky práce, nepovažuji téma v tomto pojetí za dostatečně aktuální.

Splnění stanoveného cíle

Před stanovením cílů provedl autor rešerši, která však s ohledem na shora uvedená fakta není zdaleka úplná. Cíl z části obsahuje nedisertabilní položku konkrétní konstrukce, která v práci mohla sloužit jen jako prostředek ověření metodiky. Samotné stanovení metodiky bez jejího průkazného **zobecněného** ověření (vliv velikosti, nestacionarity atp.) rovněž nemůže být jediným disertabilním cílem. **Ve smyslu požadavku zákona 111/1998 Sb. v platném znění o přínosu nových vědeckých výsledků a jejich publikaci (resp. přijetí k publikaci) nepovažuji proto cíle práce za splněné.**

Postup řešení problému

Literární rešerše slouží k mapování stavu oboru. U tak klasického výrobku, jako je Stephensonův kotel, navržený ve dvacátých letech 19. století, chybí značné množství základní literatury. Literatura od 50. let 20. století se již těmito kotli zabývá spíše z historického

hlediska. Chybí dále kritické zhodnocení zdrojů, které poskytly spíše integrální empirické údaje, ač by podrobnější rozbor jistě pomohl najít podobnostní kritéria, umožňující zhodnotit přenositelnost údajů ze skutečných lokomotivních kotlů na model – počínaje kritérii pro průběh spalování pevného paliva, sdílení tepla radiací ve skříňovém kotli a spalovací komoře, sdílení tepla v kouřovkách i přestup tepla při varu na vodní straně. Ve všech hrají rozměry podstatnou roli. Lokomotivní kotel je koncipován z hlediska dosažitelné účinnosti dosti nevhodně, což je nejen známo, ale bylo v minulosti mnohokrát s různým úspěchem napravováno (např. Franco Crosti atp.). Obdobně by bylo nutno přistoupit k teplotním napětím, a to za nestacionárních stavů kotle, které zřejmě budou zejména u modelů významné. Zcela pominuty jsou moderní metody parametrů páry, konkrétně použití vztahu IAPWS (např. verze 1997).

Autor kombinuje klasickou empirii s moderními výpočetními metodami. Zde však naráží na jejich neslučitelnost, kterou si ne vždy plně uvědomuje, zejména v oblasti termodynamiky přenosových jevů. Namáhání způsobená tlakem v kotli jsou podchycena snad správně, i když podrobnější výpočet svarů s uvážením materiálových parametrů svařováním ovlivněných a rozbor vlivu jistě vzniklých vad ve svarech by byl na místě. Teplotní namáhání je však nutné určovat za nestacionárních stavů, byť třeba kvazistacionárně. Nízkocyklická únava rozpěrek, vedoucí k četným rekonstrukcím jejich uložení ve stěnách (příklad kloubové rozpěrky by bylo možno rozvinout), je zejména u ocelových topenišť známým faktem a není zřejmé, zda u malých kotlů nebude rovněž významná. K výpočtu nestacionárních dějů není ovšem možné vycházet z integrálních empirických hodnot plošných hustot tepelného toku nebo dokonce měrného zatížení kotle, které odpovídají ustáleným stavům. Předběžný výpočet spotřeby páry u parního stroje nebere v úvahu expanzi páry a nesvědčí o autorových znalostech z tohoto oboru. Rozdíl mezi středním indikovaným tlakem procesu ve stroji a kotelním tlakem je totiž primárně ovlivněn žádoucím omezením délky (zdvihu pístu) admise a následnou expanzí s poklesem tlaku, nikoli jen škrcením v parovodu a šoupátku. Podobnostní kritéria stroje by dále měla dodržet střední rychlost pístu. Uvedená hodnota se zdá být řádově špatná (komentář chybí). Podobných nedokonalostí obsahuje práce celou řadu.

Experimenty, provedené na kotli, jsou – mírně řečeno – omezeny spartánskými podmínkami jejich provádění. Zejména použití neizolovaného sudu jako kalorimetru pro několikahodinovou akumulaci tepelné energie v jeho tepelné kapacitě (tedy za zvýšené teploty proti okolí) vzbuzuje značné pochybnosti o přesnosti měření, které by vyvrátil inženýrský rozbor tepelných ztrát. Totéž se týká víry ve správnost údaje o výhřevnosti použitého uhlí a nevyhodnocení nedopalu, neznámou hodnotu přebytku vzduchu pro spalování a složení spalin atp. Průtok pary dmychavkou podporující tah bylo snadno možné změřit odděleným, třeba krátkodobým experimentem za stejného tlaku v kotli a výsledek topné zkoušky korigovat.

Je zřejmé, že stejně jako v simulačním rozboru není možné pro téma práce získat dostatek podkladů a ideální vybavení. **V práci však naprosto chybí inženýrský rozbor nedostatků použitých metod a již zmíněná analýza podobnosti, která mohla být cenným disertabilním výstupem práce.**

Výsledky disertace a konkrétní přínos doktoranda

Práce si vytkla obecně nelehký cíl, který byl však kvůli nedostatečné šíři řešerše rozmělněn do několika parciálních úkolů, které samy o sobě podle mého názoru dizertabilní nejsou. Navržená metodika není ověřena natolik, aby se mohla stát normou pro modelářské kotle,

které mohou být přes svou malou velikost poměrně nebezpečným zařízením v rukou nezodpovědných uživatelů.

Autor nesporně prokázal své schopnosti konstruktérské i realizační. Z tohoto hlediska je práce velice pěknou průběžnou výzkumnou zprávou, dotaženou navíc do konkrétní realizace.

Přínosu práce by přispěl dostatečně kritický rozbor předpokladů ve srovnání s realitou a odhad možných chyb z idealizace. Autor pravděpodobně přispěl svou konkrétní činností dosti podstatně k vývoji jednoho konkrétního výrobku.

Význam pro praxi a pro vědní obor

Vědecky je přínos práce velmi omezený, neboť nepřináší nové poznatky na spolehlivé, zobecňující úrovni z teorie ani experimentů. Význam pro praxi může práce mít v případě, že se jí podaří doplnit o kalibrace z experimentů a tím se zjistí, jak dalece může navržený postup zlepšit předpověď parametrů kotle i jeho provozní bezpečnosti a hlavně umožnit provedení předběžné optimalizace. Toto – alespoň předběžné – ocenění však mělo být součástí práce samotné.

Formální úprava a jazyková úroveň

Práce je strukturována v souladu s cíli. Její čtení není obtížné a po jazykové stránce jsem neshledal závažnější chyby s výjimkou odkazů na literaturu, kdy - zejména u prací autora – nejsou uváděny stránky a ISBN. U starší literatury chybí občas nakladatelství.

Závěr

Práce měla vyřešit nelehký a moderními způsoby dosud málo zpracovaný úkol. Autor podlehl zdání, že s využitím prosté empirie platné pro velké kotle dospěje k použitelným výsledkům. Práce nepřinesla nové vědecké poznatky podle požadavků zák. 111/1998Sb. ani neprokázalo schopnosti uchazeče samostatně vědecky pracovat. Má spíše úroveň výzkumné zprávy nebo nanejvýš magisterské diplomové práce, zaměřené na návrh konkrétní konstrukce.

Jinak zajímavou a pečlivě provedenou práci nemohu tudíž doporučit k obhajobě jako práci doktorskou.

Praha 17. ledna 2012



Oponentní posudek

disertační práce Ing. Aleše Máchy

Konstrukční, technologické a výpočtové problémy při vývoji kotle malé parní lokomotivy

Cílem předložené dizertační práce bylo sestavení metodiky optimalizace konstrukčního návrhu kotle zahradní parní lokomotivy. Práce má 72 stran včetně soupisu literatury, obsahuje ověření konstrukčního návrhu výpočtovými normovými postupy, numerickými MKP analýzami a experimenty. Práce je rozdělena do osmi kapitol s následujícím členěním:

První kapitola obsahuje všeobecný úvod do problematiky.

Druhá kapitola obsahuje vymezení cílů disertační práce.

Třetí kapitola je věnována rozboru současného stavu dané problematiky včetně podrobného popisu předmětného kotle, zásad konstruování, technologie výroby a volby materiálu kotle.

Čtvrtá kapitola obsahuje návrh a konstrukci kotle na základě platných předpisů a současného stavu vědy a techniky.

Pátá kapitola je věnována standardnímu výpočtu pevnosti kotle včetně numerických výpočtových analýz vytipovaných nestandardních konstrukčních uzlů metodou konečných prvků (program ANSYS). Pozornost je soustředěna hlavně na optimalizaci tvaru rozpěrky s ohledem na pevnost. V rámci páté kapitoly je dále proveden výpočet teplot ve stěně kotle.

Šestá kapitola se zabývá experimentálním měřením teplot a deformací. Výsledky měření jsou porovnány s teoretickými výsledky.

V sedmé kapitole je formulována „Metodika návrhu malých parních kotlů“.

V osmé kapitole jsou shrnuty závěry a přínosy dizertační práce pro vědu a průmysl.

Jako výsledek své práce sestavil doktorand metodiku návrhu malých parních kotlů, aplikovanou v konkrétním případě na parní kotel malé zahradní lokomotivy. Metodiku formuloval do 17 bodů. Body 1÷6 se zabývají projekčně-konstrukčním návrhem a výpočty kotle, body 7÷11 volbou vhodného materiálu, a dále konstrukčními, technologickými a provozními doporučeními. Bod 12 a 13 je věnován způsobu provedení a umístění svarových spojů s ohledem na pevnost. Zbylé body se týkají provozních podmínek kotle.

Předložená dizertační práce prokázala, že doktorand zvládl uspokojivým způsobem náročnou problematiku z oblasti tlakových zařízení. Doktorand doplnil dizertační práci o numerické analýzy kotle (pole teplot a napětí), zejména pak analýzy napětí spoje rozpěrek a přilehlé stěny kotle, s cílem optimalizovat tvar a způsob přivaření rozpěrky. Teoretické výpočty dále doplnil o experimenty, kde kromě ověřování výkonu a účinnosti parního kotle prováděl měření teplot a tenzometrická měření. Navzdory všem výše uvedeným skutečnostem je třeba zdůraznit, že *disertační práce má víceméně charakter projekčně-konstrukční vývojové zprávy, a nikoliv práce vědecké*. Práce má zbytečně široký záběr a jednotlivé oblasti jsou pak z velké míry řešeny povrchně bez hlubších analýz.

K práci mám faktické připomínky. Nejzávažnější jsou formulovány v následujícím textu. Navrhuji tyto připomínky do diskuze při obhajobě.

- 1) Chybí detailní rešerše problému, a s tím i spojená rozsáhlejší citace tuzemských i zahraničních publikací. Práce je z velké části postavena na výpočtech podle norem, technických publikací staršího data a strojnických tabulek.
 - 2) Předmětný parní kotel lze považovat za tenkostěnnou skořepinovou konstrukci. Pokud je tato konstrukce řešena z hlediska napětí numericky, je vhodnější použít místo objemových prvků prvky skořepinové. Napětí je zde rozděleno po tloušťce lineárně a lze jej snadno vyhodnocovat na vnějším povrchu, ve střednicové ploše a na vnitřním povrchu z hlediska pevnosti a únavy.
 - 3) Posouzení pevnosti je podstatnou součástí konstrukčního návrhu kotle. Bylo by tedy vhodné se podrobněji vyjádřit k podmínkám pevnosti, běžně používaným k vyhodnocení elastických napětí tenkostěnných skořepinových konstrukcí (kategorizace napětí).
 - 4) U osově symetrického modelu při optimalizaci tvaru rozpěrky (str. 40, obr. 5.6) je volena hrubá síť, zejména s ohledem na napětí v předpokládaném vrubu ve svarovém spoji rozpěrky a stěny kotle. Chybí zde analýza optimální hustoty prvkové sítě v oblasti vrubu. Výsledná maximální napětí ve vrubu nejsou vyhodnocena na nízkocyklovou únavu.
 - 5) Analýza teplotního pole a následná analýza napětí od teplotního pole není v práci dostatečně podrobně popsána. Doktorand pravděpodobně vychází ze stacionární analýzy pro ustálený stav, avšak z textu to není zcela zřejmé.
 - 6) Není zcela zřejmý důvod provádění tenzometrických měření standardních konstrukčních uzlů kotle (válcový plášť, obdélníková deska).
 - 7) Místo metodiky návrhu malých parních kotlů (kap. 7) by bylo vhodnější z důvodu přehlednosti popsat pouze „Výpočtovou metodiku pro konstrukci malých parních kotlů ...“, tak jak to bylo stanoveno jako cíl dizertační práce. V kap. 7 jsou ve velké míře uváděny údaje, spadající spíše do provozních předpisů. Ty by bylo vhodnější neuvádět, nebo je uvést jako samostatný odstavec či kapitolu.
- Dále doporučuji, aby při obhajobě doktorand podrobně popsal vše, co sám považuje za *vědecký přínos* své práce.

Celkové hodnocení

Disertační práce splnila ve velké míře hlavní cíle vytyčené v jejím úvodu. Je však zřejmé, že *práce má víceméně charakter projekčně-konstrukční vývojové zprávy*. Za hlavní příčinu lze považovat zbytečnou šířku záběru na úkor hloubky a kvality jejího zpracování. Navzdory tomu je třeba konstatovat, že přístup doktoranda byl pečlivý a způsob vyjadřování srozumitelný. Je třeba vyzdvihnout jeho praktické detailní znalosti problematiky parních kotlů malých lokomotiv. Doktorand prokázal, že je schopen řešit náročné technické problémy a v případě potřeby ověřovat výsledky výpočtů experimentálně. Na základě výše uvedených skutečností doporučuji s výhradami dizertační práci k obhajobě. Za předpokladu, že doktorand při obhajobě v dostatečné míře vysvětlí vědecký přínos disertační práce a odpoví na výše uvedené připomínky, doporučuji, aby mu byl udělen vědecký titul Ph.D.

Poznámka oponenta:

Podle mého názoru by disertační práci měla předcházet *důkladná rešerše*, která doktorandovi nastíní skutečný stav vědy a techniky v daném oboru. Teprve na základě této rešerše je možné si zodpovědně vybrat „*rozumně rozsáhlou*“ *neprobádanou oblast*, v rámci které by mohl svým úsilím přispět k rozvoji svého oboru. V daném případě však doktorand hned v úvodu své práce uvádí, že zkušenosti se stavbou **parních lokomotiv malých měřítek** nejsou v literatuře dostupné, a jako téma si vybírá celkový projekčně-konstrukční návrh parního kotle lokomotivy se všemi aspekty. Tady je na zvážení, do jaké míry je takto formulované téma vůbec dizertabilní.

Převážná část práce se týká návrhu malého kotle na základě vzorců z norem nebo strojních tabulek. Bylo by jistě vhodnější zúžit široké téma návrhu lokomotivy na *detailní analýzy vybraných konstrukčních uzlů malého kotle*. Jako vhodný příklad bych uvedl spojení rozpěrky se stěnou kotle. Zde by stálo za to sestavit kvalitní MKP model, simulovat možné tvary rozpěrky i vrubů v oblasti svarového spoje, optimalizovat hustotu prvkové sítě v modelu, a to zejména v kořeni vrubu a vyhodnocovat výsledky na základě pevnosti a odolnosti konstrukčního uzlu proti nízkocyklové únavě. Tyto analýzy by bylo možné provádět nejen v lineárním oboru, ale i s ohledem na materiálovou nelinearitu a změny struktury materiálu v oblasti svarového spoje.

V Pardubicích, 15.12.2011



doc. Ing. Petr Paščenko, Ph.D.

Univerzita Pardubice



Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera
Katedra mechaniky, materiálů
a částí strojů
532 10 Pardubice 2, Studentská 95

Recensentský posudek doktorské disertační práce
pana Ing. Aleše Máchy na téma

„Konstrukční, technologické a výpočtové problémy při vývoji kotle malé
parní lokomotivy“

Doktorand se podjal nelehkého úkolu, spočívajícího v odstranění jistého technicko-právního vakua, pokud jde o velmi malé parní lokomotivy, často zvané jako „zahradní“ pro jejich malý rozchod. Pro lokomotivní kotle na drahách rozchodu většího než 600 mm platí ustanovení zákona 266/1994 Sb. a souvisejících ve znění pozdějších předpisů, pro kotle na drahách menšího rozchodu (pod 600 mm) by měla platit vyhláška č. 392/2003 Sb. o bezpečnosti provozu technických zařízení a o požadavcích na vyhrazená zařízení tlaková, zdvihací a plynová při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem. Proto ani tato vyhláška pro diskutovaný případ neplatí. Předložená práce se snaží tuto mezeru kvalifikovaně vyplnit. Jakým způsobem, o tom pojednávají části 1 (Úvod) a 2 (Cíle disertační práce). Předlohou pro překonstruovanou lokomotivu se stala poválečná průmyslová 1435 BS 200 (ČKD). Další kapitoly se zabývají popisem kotle velké parní lokomotivy a kotli modelových lokomotiv. Práce obsahuje i reprodukce fotografií výrobků zahraničních firem (Zimmermann, Regner).

Poznatky a úvahy v kapitole 3 (Rozbor současného stavu) vyúsťují do další kapitoly 4, nazvané Návrh a konstrukce kotle. Ta obsahuje nejnnutnější trakční výpočty, určení tlaku v kotli, spotřeby páry, potřebnou velikost teplosměnných ploch kotle, velikost roštové plochy a celkový popis konstrukce kotle spolu s popisem konstrukčních změn, provedených oproti používaným kotelům modelových lokomotiv.

Zde snad jen poznámku o normovaném názvosloví (topeniště, topeništní.... na rozdíl od stále ještě používaného pec, pecní....) – týká se i výkresů. Vývrt v rozpěrkách je lépe obrátit do topeniště – je ihned vidět event. prasklá; průměr díry 1,5 mm je ovšem velmi malý a může vést k ucpání. Je možné

i použití trubkových rozpěrek s dírou zhotovenou již při výrobě, kde je poměr průměrů podstatně větší. Pro teplosměnné plochy omývané přímo zplodinami hořelny (přímou výhřevnou plochu) bych skoro raději volil P265GH, i když výpočet vychází i pro P235GH.

Zajímavou kapitolou je Optimalizace tvaru rozpěrky, tj. součásti, jejíž výskyt v kotli je poměrně častý a u nevhodných konstrukcí a nevhodných poměrů jejich rozměrů a tloušťek vyztužovaných plechů dochází k relativně častému praskání. Optimalizace je provedena za použití metody konečných prvků (MKP). Přes všechny výpočtové kontroly a opatření pokud jde o tvar konců rozpěrky a způsob jejího přivaření bych ale doporučil neustupovat od klasického pojištění identifikace prasklé rozpěrky vývrtem směřujícím dovnitř topeniště, zevně buď zavařeným nebo jinak těsným (např. nedovrtáním na konec).

Celou část 5 Výpočet pevnosti kotle s kapitolami Optimalizace tvaru rozpěrky, Výpočet teplot ve stěnách, Výpočet pevnosti kotle z teplotního zatížení i vnitřního přetlaku i část Experimenty a měření považuji za největší přínos práce. Získané poznatky zpracoval autor práce nakonec do Metodiky návrhu malých parních kotlů (část 7), kde bych doporučil nevzdávat se úplně možnosti kontroly a čištění kotle např. pomocí kuželových bronzových vymývacích šroubů přiměřené velikosti (bod 11), vhodně umístěných.

Závěr

O aktuálnosti tématu nemůže být myslím pochyb. Už jen to, že práce dává k dispozici solidní výpočtové metody pro oblast těchto malých kotlů (lokomotiv rozchodu menšího než 600 mm), kde se doposud (často velmi amatérsky) experimentovalo, znamená výrazný pokrok, zejména také pokud jde o bezpečnost provozu těchto zařízení. Doktorand se při práci nejen držel zadání tématu „Konstrukční, technologické a výpočtové problémy při vývoji kotle malé parní lokomotivy“, jež však nejen specifikoval, nýbrž podrobně a moderně navrhl jejich řešení. Lze tedy s dobrým svědomím konstatovat, že úspěšně splnil jistě i zamýšlený cíl práce. Prokázal přitom, že ovládá vědecké metody, má hluboké teoretické znalosti a přináší nové poznatky v oboru. Konečně zaslouží pochvalu jeho jazyk, který krátkými a dobře formulovanými větami přispívá k přehlednosti a srozumitelnosti práce.

České Velenice,
březen 2012

Ing. Jiří Sedláček,
recenzent

Jiří Sedláček