

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Zvyšování výkonu výměníků v PC technice</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Petr Havránek</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta strojní (FS)
<b>Katedra/ústav:</b>	Ústav procesní a zpracovatelské techniky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Viktor Vajc
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Ústav procesní a zpracovatelské techniky

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>průměrně náročné</b>
<p>Cílem práce je zpracovat literární rešerši k tématu chlazení komponent v osobních počítačích se zaměřením na vodní okruhy s tepelnými výměníky. Dále pak navrhnout vlastní 3D-tištěný výměník tepla a srovnat jeho výkon s komerčně dostupným výměníkem na předpřipraveném měřicím zařízení.</p> <p>Zadání práce považuji za průměrně náročné.</p>	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno s většími výhradami</b>
<p>V úvodu autor upozorňuje na přítomnost výpočetní techniky v dnešním světě a provádí nejednoznačnou klasifikaci pasivního a aktivního chlazení. Následující části 2 a 3 zabývající se způsoby přenosu tepla a bilancí tepla v kontrolním objemu. Rešeršní části 4 a 5 se zabývají základními způsoby chlazení a popisem vodního okruhu a jeho součástí. Praktická část 6 prezentuje autorem navržený a vytištěný výměník tepla, měřicí trať a výsledky experimentálního měření tepelného výkonu a tlakové ztráty referenčního a navrženého výměníku.</p> <p>K osnově práce nemám připomínky. Z hlediska obsahu považuji zadání za splněné s výhradami k odborným a formálním náležitostem předložené práce.</p>	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<p>Postup založený na rešerši informací, tisku výměníku s využitím konstrukčních prvků, které jsou obtížně výrobitelné konvenčními výrobními postupy, a navrženém experimentálním ověření považuji za správný a přínosný.</p> <p>Autorovi se ne však ne zcela podařilo vysvětlit motivaci a zaměření práce. V úvodu např. uvádí rozmanité příklady výpočetní techniky, ale způsoby chlazení bez zdůvodnění posuzuje pouze z hlediska osobních počítačů.</p> <p>Při četbě práce se také poněkud vytrácí osnova a vytyčený postup. Chybí návaznost mezi jednotlivými kapitolami a provedení čtenáře prací. Mnohé pasáže působí dojmem, že jsou přítomné pouze a jedině proto, že je autor „dostal za úkol“. Autor neuvedl mnohé pasáže do souvislosti s řešeným tématem, zejména části 2 a 3. Možné využití prezentovaných informací není demonstrováno na praktických příkladech. Např. v části 3 autor prezentuje (s překlepem) Fourier–Kirchhoffovu rovnici. Tuto rovnici však v práci vůbec nepoužívá. Bylo by např. vhodné upozornit, že (nečíslovaný) vztah v části 6.2 vychází z této rovnice.</p>	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>D - uspokojivě</b>
<p>Práce je kratšího rozsahu a k řešenému tématu uvádí spíše základní a běžně známé poznatky.</p> <p>Informace a pojmy jsou čtenáři často předkládány zkratkovitě, povrchně a neodborně, např. přechod od první rovnice v části 2.1 ke druhé bez jakéhokoliv vysvětlení, používání stejných symbolů pro úžený součin a součin dvou čísel ale zároveň jiného symbolu pro součin jednotek. Uvádím několik příkladů diskutabilních a nepřesných tvrzení: „<i>pórovité vnitřní stěny trubiček</i>“, „<i>kompresorové chlazení je konstrukčně obdobné jako chlazení vodním okruhem</i>“, „<i>dobrá tepelná vodivost mědi</i>“, „<i>nežádoucí tepelná vodivost hadiček</i>“, lepší vyrovnávání tlakových ztrát čerpadlem s vyšším výtlakem, „<i>rychlý přenos tepla</i>“, použití výměníku „<i>pouze do jisté míry</i>“, „<i>návrh byl</i>“</p>	

nešikovný“, aj. Dochází ke zmatečnému užívání pojmů a nedodržování terminologie, např. *heatsink–výměník–radiátor*, *kanálek–potrubí*, rychlost přenosu tepla, „*sdílení tepla výměníku s kapalinou i s okolním prostředím*“, „*proces nucené konvekce tepla ze stěn*“, aj.

Na několika místech si autor protirečí. Např. na str. 9 uvádí, že proud vzduchu „*by tedy měl za následek pouze proces nucené konvekce*“, na str. 5 přitom poznamenává, že přestup tepla je při přirozené konvekci „*několikanásobně nižší*“. Jiným příkladem může být opět str. 9, kde je sice uvedeno, že výměník vodního okruhu bývá vybaven ventilátory, ale v posledním odstavci na str. 9 je čerpadlo považováno za jedinou součást, která může vytvářet hluk. Tato nepřesnost se opakuje v části 5.5.

Část 4.6, která by měla být srovnáním diskutovaných metod chlazení, je založena na počtu „*hvězdiček*“, přičemž nejsou uvedena žádná hodnotící kritéria. Autor pouze konstatuje, že „*jedna hvězda vyjadřuje nejhorší ohodnocení a pět hvězd nejlepší*“. Srovnávací tabulka 1 proto působí nahodile.

Součinitele přestupu tepla pro nucenou konvekci zmíněné na str. 5 neodpovídají běžně uváděným rozsahům.

Pod rovnicí v části 3 jsou bez jakéhokoliv vysvětlení nebo uvozující věty uváděny významy jednotlivých, avšak neúplných, členů.

V experimentální části je vytištěný výměník srovnáván s komerčně dostupným výměníkem. Chybí ale jakákoliv specifikace komerčního výměníku (výrobce, název, typ, označení, geometrie, nominální parametry, obrázek, foto, výkres). Bez poskytnutí alespoň základních údajů nemůže být tento výměník použit jako referenční.

Vyobrazení vytištěného výměníku na Obr. 19 a Obr. 20 je nečitelné. Chybí kótovaný výkres geometrie výměníku, výkres kanálů nebo schéma průtoku výměníkem.

Výhody PETG jsou sice popsány slovně, ale nejsou doloženy žádnými číselnými hodnotami.

Experimentální měření bylo pro referenční výměník provedeno dvakrát, z toho jednou chybně. Pro komerčně dostupný výměník bylo provedeno pouze jedno měření. Vzhledem k nedostatečnému počtu měření by bylo vhodné neakcentovat počet provedených experimentů, nebo upozornit, že se jedná o ověřovací měření, a nikoliv o měření na jehož základě se vyvozují obecněji platné závěry.

Počet desetinných míst u hodnot v tabulkách 2 až 5 neodpovídá přesnosti měření. Není vysvětlen význam teploty  $T$  v Tab. 2, Tab. 3 a na str. 33. Chybí informace o vstupní teplotě, vlhkosti a tlaku vzduchu v průběhu prováděných experimentů.

Chybí popisky k Obr. 22, které by čtenáři vysvětlily konfiguraci měřicího zařízení a propojily Obr. 22 s Obr. 23.

Obrázek 24 neudává závislost na proudu, ale na napětí. Jednotkou hmotnostního průtoku na Obr. 25 a Obr. 26 je  $\text{kg s}^{-1}$ .

Že jednou ze snah praktické části práce bylo zjistit, zda výměníky do vodního okruhu je možné vyrábět i pomocí 3D tisku se čtenář dozvídá až v závěru práce.

#### **Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

#### **D - uspokojivě**

Práce působí nepečlivým, uspěchaným dojmem a nedostatečnou korekturou ze strany autora.

Na mnoha místech autor používá nevědecké, nicneříkající, vágní a marketingové formulace bez výpovědní hodnoty, které nepatří do vysokoškolské práce. Uvádím několik příkladů: „*největší efekt*“, „*čím dál tím víc populární*“, „*je ovšem problém s ochlazováním*“, „*součást vyžadující péči*“, „*nešvar*“, „*luxus, kteří si pořídí spíše vášniví uživatelé PC*“, „*nejatraktivnější volby*“, „*méně oblíbenou volbou*“, „*sympatickou střední cestou*“, „*pro uživatele je v tomto ohledu sympatičtější*“, „*je tedy otázkou, do jaké míry je urychlování kapaliny výhodné*“, „*jako kontrolní průřez beru průřez měřiče rychlosti*“, „*anemometr nebylo možné přidělat ke zbytku součástí*“, „*z grafů lze jednoduše poznat*“, „*více jak třikrát vyšší*“, „*skoro třikrát menší*“, „*ovšem hlavním činitelem způsobujícím nižší tepelný výkon je nejspíše opět nešikovný návrh konstrukce výměníku*“, „*efektní prezentace PC sestavy*“, „*můžeme tedy s klidem prohlásit*“, a další.

Práce obsahuje mnoho stylistických chyb a nepřesností („*způsoby chladičů*“, „*množství tepla produkujícího grafickou kartou*“, „*při měření byly naměřeny*“) a překlepů („*těsnícím kroužek*“, „*svěrným kroužek*“, „*se jedná jádro kopírující*“, aj.).

V textu zcela chybí odkazy na tabulky a obrázky. Rovnice nejsou číslovány. Zdroje převzatých obrázků jsou uvedeny v Seznamu obrázků, ale chybí u samotných obrázků, což je nechtěně akcentováno autorovým upozorněním na vlastní obrázky poznámkou „foto autora“ (a to i v případech, kdy se o fotografii nejedná). Názvy tabulek jsou umístěny pod tabulkami.

Veličiny by měly být psány kurzivou, nebo alespoň sjednoceným stylem udrženým v celé práci.

Odstavce se zanedbatelným a zřejmě nechtěným odsazením prvních řádků nejsou zarovnány do bloků. Odstavce v části 6.2 jsou psány menším písmem. Část 4 by podle zbytku textu měla začínat na nové straně.

#### **Výběr zdrojů, korektnost citací**

**D - uspokojivě**

Zdroji informací byly většinou webové stránky zabývající se výpočetní technikou (svethardware.cz, zive.cz, pctuing.tyden.cz). Tyto zdroje jsou cíleny spíše na laickou a neodbornou veřejnost se zájmem o výpočetní techniku.

Citační styl není sjednocený. Mnohé citace nejsou úplné, např. postrádají autora nebo obsahují prázdné kategorie nejspíše nechtěně vygenerované citačním manažerem.

#### **Další komentáře a hodnocení**

Nejen strukturou se předložená práce velmi podobá bakalářské práci Kozák P. *Chladicí systémy počítačů*, Západočeská univerzita v Plzni, 2015. V mnoha pasážích lze najít shodně prezentované informace, podobnou osnovu, formulace, zdroje nebo obrázky. Autor tuto práci neuvádí v seznamu literatury.

Autor v práci neodkazuje na .ipt model navrženého výměníku, který byl k práci přiložen.

### **III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE**

Bakalářská práce pana Petra Havránka poskytuje základní přehled o způsobech chlazení osobních počítačů a prezentuje výsledky experimentálního měření výkonových parametrů tepelných výměníků určených pro vodní chlazení PC.

Předložená práce s výhradami výše splňuje cíle a formální náležitosti bakalářské práce.

Otázky k obhajobě:

1. Vysvětlíte způsob tvorby Tab. 1.
2. Je vliv nízké tepelné vodivosti PETG zásadní problém? Pokuste se kvantifikovat vliv tepelné vodivosti srovnáním konvektivních a konduktivních termických odporů.
3. Je vhodné vodní chlazení bez použití ventilátoru řadit do pasivního chlazení, když vodní okruh obsahuje čerpadlo?
4. Jaké parametry běžně udávají výrobci komerčně dostupných výměníků?
5. Jsou známy alespoň základní parametry referenčního výměníku z experimentální části?
6. Proč vyhodnocujete měrnou izobarickou tepelnou kapacitu  $c_p$  při atmosférickém tlaku, když máte k dispozici údaje z tlakoměrů a průměrný tlak v trati? Proč používáte hustotu podle jedné změřené teploty, a ne podle průměrné teploty v trati?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **D - uspokojivě**.

Datum: 11.8.2021

Podpis: Viktor Vajc v. r.