

## **Posudek oponenta doktorské dizertační práce**

**Název práce:** Design of thermoelectric heat exchanger for waste-heat recovery of Municipal Common Waste Incineration plant

**Autor:** Bc. Martin Hejtmánek

**Školitel:** Ing. Martin Dostál, PhD

**Ústav:** Procesní a zpracovatelské techniky, FS, ČVUT Praha

**Oponent:** Ing. Jiří Navrátil, CSc., Ústav aplikované fyziky a matematiky, Univerzita Pardubice

Termoelektrická přeměna tepla na elektrickou energii využívající termoelektrických jevů (zejména Seebeckova a Peltierova jevu) přitahuje pozornost vědců v oblasti základního i aplikovaného výzkumu již téměř dvě století (1823 resp. 1832). Počátky praktického využití této elegantní přímé přeměny jsou však datovány až objevem polovodičů v 50. letech 20. století, které představují „srdce“ prakticky využitelných termoelektrických součástek (termoelektrických modulů) a z nich zkonstruovaných zařízení pro realizaci této přeměny (termoelektrických generátorů). Díky nepříliš vysoké účinnosti této technologie (teoreticky 5-10%) a z ní plynoucí nízké ekonomičnosti limitovala využití této technologie v oblastech, kde tato představuje jedinou alternativu (kosmonautika – napr. Voyager I a II, Curiosity apod.) resp. tam kde její výhody převládají nad ekonomičností této přeměny (vojenství, medicína, apod.). V posledních desetiletích se stala tato technologie jednou z alternativ pro zpracování enormních množství odpadního tepla (60 - 70 %) vznikajících v nejrůznějších procesech lidské činnosti a jeho zpětné přeměny na užitečnou energii elektrickou. Díky intenzivnímu výzkumu termoelektrických materiálů v oblasti základního výzkumu dochází k postupnému zvyšování jejich účinnosti díky čemuž se rozšiřuje aplikovatelnost této technologie v rozšiřujícím se spektru praktických aplikací. I proto považuje oponent předloženou práci Bc. Martina Hejtmánka nazvanou „Design of thermoelectric heat exchanger for waste-heat recovery of Municipal Common Waste Incineration plant,“ jako vysoce aktuální, jejíž výsledky mohou v budoucnosti napomoci posoudit využití termoelektrické konverze pro dodatečné zpracování odpadního tepla, v tomto případě vznikajícího při spalování směsných odpadů v městských spalovnách.

Jak plyne z názvu této práce „Návrh termoelektrického výměníku pro využití odpadního tepla ve spalovně městského odpadu“ je hlavním tématem této práce výpočet, optimalizace a konstrukce prototypu rekuperačního tepelného výměníku dedikovaného pro konkrétní návrh termoelektrického generátoru umístěného v zařízení pro energetické využití odpadu (ZEVO) umístěného ve spalovně komunálního odpadu v pražských Malešicích. Multioborově pojatá práce završena návrhem celého termoelektrického generátoru vysoce přesahuje tepelně-procesní základ původního zadání diplomové práce, které spočívalo v komplexní analýze tepelných výměníků použitých na horké i studené straně termoelektrických modulů. Diplomant tak vedle zvládnutého zadání předložil i návrh prototypového termoelektrického generátoru s využitelným výkonem kolem 2.5 W. I když tento výkon nedosahuje předpokládaných výkonů, autor v závěrečném kritickém zhodnocení naznačil možná vylepšení.

Diplomová práce je strukturována standardně, po teoretickém úvodu do problematiky termoelektrické konverze a problematiky tepelných výměníků se diplomant dotknul prostřednictvím potřeby konstrukce tepelného výměníku cíleného k využití tepla kouřových plynů i nástinu fungování moderní spalovny komunálního odpadu, což je velmi zajímavé. Následuje nejrozsáhlejší kapitola, šestá v pořadí, zabývající se jak návrhem, výpočty tak i vlastní realizací prototypu. Kapitola je ukončená

krátkou ekonomickou rozvahou nabízející případným zájemcům i velmi důležitou ekonomickou orientací. Závěrečná kapitola se zabývá jak měřením charakteristických parametrů prototypu termoelektrického generátoru (teplotami, elektrickým výkonem) tak jejich vyhodnocením. V této kapitole diplomant popisuje měřicí a vyhodnocovací zařízení, podrobné vyhodnocení zahrnuje srovnání zjištěných dat s teorií a kritické zhodnocení měřených parametrů. Současně diplomant provedl i zajímavý a jednoduchý pokus, který spočíval v krátkodobém a kontrolovaném vypnutí ventilátorů na studené straně generátoru a tím jednoduše poukázal na jejich zásadní roli v tomto typu generátoru. V závěru logicky doplňuje diplomant práci charakteristikami použitých modulů a výkresy použitých konstrukčních prvků.

Zpracovaný přehled o současném stavu problematiky je plně odpovídající tématu diplomové práce a jednoznačně dokumentuje orientaci Bc. Martina Hejtmánka v dané problematice a jeho schopnost aplikovat získané poznatky a postupy při svém studiu. V další části práce se odráží obrovské penzum vykonané práce jak na poli teoretickém, tak i designerském, konstrukčním a experimentálním. Velmi cennou částí práce je i vytvoření/naprogramování poměrně komplexního simulačního nástroje umožňujícího, jak optimalizovat design jednotlivých částí navrhované aplikace, tak i vcelku reálně odhadnout její výstupní parametry. Tento nástroj představuje solidní znalostní základnu pro případnou budoucí evaluaci podobných aplikací využívajících nových termoelektrických generátorů zpracovávajících nejrůznější druhy odpadního tepla. Velmi cenné jsou i poznatky získané během praktické části práce, získané v „týmové“ spolupráci s, v úvodu jmenovanými, spolupracovníky. Ať už jde o samotný návrh a konstrukci prototypového termoelektrického generátoru, tak i o jeho aplikace a testování v reálných podmínkách výše zmíněného zařízení ZEVO. Na závěr lze zcela jednoznačně konstatovat, že z hlediska zadání **byly cíle diplomové práce splněny**.

Po formální stránce je diplomová práce je zpracována na velmi dobré úrovni a to, jak po jazykové (s několika nevyhnutelnými překlepy), stylistické i grafické a neshledávám v ní žádné zásadní nedostatky k vytknutí. Jelikož žádnou výtku neshledávám ani v obsahové stránce práce **hodnotím tímto předloženou diplomovou práci Bc. Martina Hejtmánka známkou A**.

V Pardubicích dne: 12. 08. 2020

Ing. Jiří Navrátil, CSc.  
Ústav aplikované fyziky a matematiky,  
Univerzita Pardubice