ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	**Problematika čerpání čistírenských kalů**
Jméno autora:	**Bc. Fišer Václav**
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav energetiky
Oponent práce:	Ing. Pavel Mosler, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	CASALE PROJECT, a.s.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání **náročnější**

Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.

Zatímco čerpání newtonských kapalin je poměrně dobře v literatuře popsáno, čerpání nenewtonských kapalin doposud nemá přesně definované standardní metody výpočtu. Pro výpočet hydraulického systému určeného k čerpání nenewtonských kapalin existuje řada přepočtových modelů, ovšem nelze obecně říct, které modely jsou spolehlivě použitelné pro danou aplikaci. Zejména platí, že pokud se některý z modelů výpočtu osvědčil v jednom případě, neznamená to, že bude aplikovatelný také v dalších případech. Právě volba vhodného přepočtového modelu je klíčová pro správný návrh hydraulického systému a jeho bezproblémový provoz.

Zadáním diplomové práce je aplikovat vhodnou metodu přepočtu parametrů hydraulického systému určeného pro čerpání čistírenského kalu pomocí údajů získaných na čisté vodě. Zadané téma je aktuální a vyžaduje poměrně dobré znalosti v oboru. Aktuálnost je doložena také tím, že student měl možnost se podílet na provozním měření v ÚČOV v Praze.

Splnění zadání **splněno**

Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.

Zadáním diplomové práce bylo zpracovat rešerši na téma přepočtu parametrů hydrodynamických čerpadel z čisté vody na čerpání kalů. Následně bylo zadáno porovnat naměřené parametry kalového čerpadla ÚČOV s přepočtenými hodnotami výrobce, zjištěnými na čisté vodě. Student ve své práci postupoval dle zadání a systematicky splnil veškeré požadované body. Závěrečná práce splňuje zadání v plném rozsahu.

Zvolený postup řešení **správný**

Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.

Metodika a postup řešení jsou zvoleny správně. V práci je nejdříve uveden popis vlastností čistírenských kalů a současně jsou popsány reologické modely a chování kalů. Následují kapitoly popisující hydraulický systém a vliv čistírenských kalů na čerpání. V práci je uveden také rozsáhlý přehled používaných čerpadel v kalovém hospodářství. Student podrobně popisuje vlastnosti nejen hydrodynamických, ale i hydrostatických kalových čerpadel, která sice nejsou součástí zadání práce, ale nijak nesnižují kvalitu práce.

V šesté kapitole je uvedena literární rešerše na téma přepočtu parametrů hydrodynamických čerpadel z čisté vody na parametry při čerpání kalů. V sedmé kapitole je uveden popis měření parametrů na kalovém čerpadle instalovaném v ÚČOV v Praze. Naměřené hodnoty a parametry čerpacího systému jsou vyhodnoceny a porovnány s charakteristikou čerpadla uváděnou výrobcem. Na závěr je v práci uveden přepočet parametrů pomocí vybrané metody přepočtu na čerpání kalů.

Student ve své práci postupoval systematicky správně, kdy si nejdříve nastudoval problematiku čerpání čistírenských kalů a následně aplikoval vybranou metodu přepočtu parametrů na skutečná data získaná z provozního měření.

ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Odborná úroveň **B - velmi dobře**

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Student ve své diplomové práci prokázal poměrně obsáhlé znalosti v oblasti čerpání viskózních kapalin a zejména znalosti z oboru čerpání čistírenského kalu. Zvláště spolupráce s ÚČOV na provozním měření instalovaného kalového čerpadla dokládá, že je práce na dobré odborné úrovni.

Významná je kapitola týkající se přehledu současných metod umožňujících přepočet parametrů hydrodynamických čerpadel při čerpání čistírenských kalů. V přehledu je zohledněna řada aktuálních publikací, které se vztahují k tématu. Student následně aplikuje jednu z metod na přepočet parametrů.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce **A - výborně**

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

V práci jsem neshledal žádné formální chyby ani nedostatky, které by měly podstatný vliv na kvalitu práce. Jazyk a jazyková úprava je na velmi dobré úrovni. Práce je přehledně strukturovaná, kapitoly, obrázky, tabulky a výpočetní vztahy jsou řádně číslovány a označeny. Diplomová práce obsahuje standardní náležitosti usnadňující orientaci v textu, jako jsou seznamy zkratek, symbolů, obsah, číslování stránek, seznam obrázků a tabulek apod.

Vytknout lze pouze zhoršenou čitelnost u některých převzatých obrázků (např. Obr.1, Obr. 30).

Výběr zdrojů, korektnost citací **D - uspokojivě**

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

V diplomové práci je uvedeno celkem 29 citací. V přehledu citovaných dokumentů je vedle odborné literatury také řada odborných zahraničních publikací a příspěvků z konferencí. Rozsah citovaných podkladů je poměrně obsáhlý a obsahuje podstatné zdroje k dané problematice. Výběr publikací je správný a pokrývá současný rozsah znalostí v oboru čerpání viskózních kapalin.

Ke způsobu citace a práci s citovanými zdroji mám závažné připomínky. Citace nejsou v textu správně uvedeny. Níže uvádím podstatné nedostatky.

- Text v kapitole 6 je z velké části převzatý a přeložený z publikace č.28 (Heywood, Slatter, 2019). V textu diplomové práce jsou převzaty i původní publikace z článku, ovšem odkazy na ně nejsou v diplomové práci uvedeny. V textu se tedy odkazuje na publikace, které nejsou uvedeny v seznamu citované literatury. Text je místy zavádějící a z textu není vždy zřetelné, kdo je skutečným autorem daného tvrzení.
- Některé citované zdroje nejsou uvedeny v seznamu publikací vůbec (např. Kabamba, 2006, Sery a Slatter, 2002, apod.)
- Citovaný zdroj č. 23, norma CSN EN ISO 9906 je neúplně citován.
- Některé citace neobsahují úplný název publikace a tím zhoršují možnost dohledání zdroje (např. č. 26, 27).
- V odkazu na publikaci č.28 chybí informace o místě, kde byla publikována (19th International Conference on Transport and Sedimentation of Solid Particles).
- Ve zdroji uvedeném u Obr. 12 se nepodařilo dohledat uvedenou charakteristiku.
- V seznamu obrázků na str. 89 jsou uvedeny jiné zdroje, než v popisu u jednotlivých obrázků (např. Obr. 29 a Obr. 30).
- Obr. 13 a Obr. 31 nemají uvedený zdroj citace.
- Rovnice 6.3 až 6.6 nemají uvedený zdroj. V odkazované publikaci č.28 (uváděné na konci odstavce) jsem tyto vztahy nedohledal.

ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Výsledkem diplomové práce je porovnání charakteristiky čerpadla dané výrobcem s hodnotami získanými z provozního měření. Výsledné porovnání je uvedeno na Obr. 38 (resp. Obr. 39 a Obr. 40). Z výsledků je patrné, že byl potvrzen negativní dopad čerpání 5,2% primárního kalu na výkonové charakteristiky čerpadla. Při čerpání čistírenských kalů zjevně dochází k nezanedbatelnému poklesu dopravní výšky a účinnosti čerpadla. Naopak příkon čerpadla zůstává překvapivě neměnný, což je v závěru zdůvodněno vlivem frekvenčního měniče. Z výsledků je tedy zřejmé, že zvolená metoda je po dalším ověření vhodná pro přepočet parametrů čerpadla pro konkrétní aplikaci a uspořádání hydraulického systému.

Neztotožňuji se s tvrzením, že se jedná o experimentální měření. Dle mého názoru se jedná o provozní měření a výsledky nelze brát jako obecně průkazné. Aby se dalo měření považovat za experimentální, mělo by splňovat alespoň požadavky uvedené ve standardu ISO 9906. Tuto skutečnost student vzhledem k okolnostem vysvětluje a zdůvodňuje v závěru své práce.
Pro skutečné ověření platnosti uvedené metody přepočtu dle ITT Water & Wastewater by bylo vhodné provést měření při současném uspořádání systému na čisté vodě. Až poté výsledky získané na čisté vodě porovnávat s hodnotami získanými při přečerpávání kalů. Takto není zřejmé, zda pokles výkonových charakteristik není ovlivněn skutečným uspořádáním systému potrubí a čerpadla (např. vliv redukce potrubí, filtru apod.). Je zcela pochopitelné, že student uspořádání okruhu nemohl ovlivnit a tím narušit provoz zařízení ÚČOV. Současně zřejmě nebylo možné provést měření charakteristiky čerpacího systému na čisté vodě z důvodu zapojení čerpadla do provozu. Student tedy správně použil data, která bylo možno získat za daného stavu a uspořádání.

Další komentáře k diplomové práci:

- V Obr. 13 není uveden popis která křivka platí pro vodu a která pro 8% kal. Z kontextu lze ale charakteristiky rozlišit.
- Domnívám se, že vztah 6.1 vymezuje kritérium pro použití popisované metody. Nejedná se o rovnici vztahu mezi parametry čerpadla a viskozitou, jak je uváděno v textu na straně 62.
- Příkon motoru je měřen pomocí analyzátoru provozu motorů typu Fluke 438-II, z textu není zřejmé, které veličiny byly měřeny a jak byl vypočten příkon čerpadla.
- Nejistota měření je uvedena na Obr. 39, resp. Obr. 40 jako zobrazení chybových úseček. Z práce není jasné, jak byla nejistota vypočtena. Nejistota měření je zřejmě vyjádřena pouze jako hodnota přesností použitých přístrojů. Skutečná nejistota by měla být vyhodnocena například dle metody uvedené v ISO 9906 v kapitole 4.3.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Diplomová práce se věnuje podrobně tématu problematiky čerpání čistírenských kalů. Práce obsahuje celkem 90 stran textu včetně 40 obrázků, grafů a jedné tabulky. Součástí práce jsou také přiložené soubory zaznamenaných dat z provozního měření.

V diplomové práci je uvedena literární rešerše na téma čerpání viskózních čistírenských kalů a v následujících kapitolách je uveden popis hydraulického systému pro čerpání kalů a vybrané metody přepočtu výkonových parametrů hydrodynamických čerpadel z parametrů získaných při čerpání čisté vody na parametry při čerpání kalů. V další části je uveden popis měření parametrů čerpadla pro přečerpávání čistírenských kalů do vyhnívacích nádrží v ÚČOV v Praze. Na závěr je uveden přepočet parametrů a jejich vyhodnocení.

ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Rozsah diplomové práce je dostatečný, práce není ani příliš stručná ani není v práci zacházeno do zbytečného detailu. Formálně je práce na velmi dobré úrovni. V práci se dá dobře orientovat, text je srozumitelný a bez gramatických chyb.

Odborná úroveň je na vysoké úrovni. Student se dobře zorientoval v problematice čerpání kalů a získané poznatky aplikoval na skutečném kalovém hydrodynamickém čerpadle. Vzhledem k tomu, že práce byla vypracována ve spolupráci s průmyslovým podnikem, jsou získané poznatky přínosem pro praxi.

Nedostatky práce vnímám v nedůsledné citaci použitých zdrojů a celkově se zpracováním použitých publikací. Nicméně je zřejmé, které zdroje byly použity. Výběr zdrojů je rozsáhlý a obsahuje vedle odborných publikací také zahraniční příspěvky z konferencí, které jsou aktuální k tématu.

Diplomová práce nepřináší nové vědecké poznatky, ale ověřuje známé metody přepočtu parametrů se skutečně naměřenými hodnotami z provozu. Výsledná data je možné použít pro odhad parametrů konkrétně instalovaných čistírenských čerpadel v ÚČOV v Praze a případně je lze použít pro přepočet dalších provozních stavů.
Vzhledem k omezeným možnostem studenta zasahovat do hydraulického systému a také vzhledem k nákladnosti celého měření provedl student maximum pro dosažení vytyčených cílů a splnění zadání práce.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře.**

Dotazy k diskuzi:

1. **Pro přepočet parametrů byla vybrána metoda ITT Water & Wastewater. V práci postrádám vysvětlení, proč byla použita právě tato metoda. Co bylo kritériem pro výběr metody?**
2. **V kapitole 9. je zmíněna rychlost proudění čerpané směsi v potrubí. Jaká je skutečně naměřená maximální rychlost v potrubí před a za čerpadlem a jaká maximální rychlost je doporučena při čerpání kalů.**

Datum: 19.1.2023

Podpis: