

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Automatická výměna obrobků pro obráběcí centrum MCV 1100 5X</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Matěj Bartoš</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta strojní (FS)
<b>Katedra/ústav:</b>	Ústav výrobních strojů a zařízení
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Lukáš Havlík
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Kovosvit MAS Machine Tools a.s.

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání diplomové práce je poměrně jasné a jednoznačné, snad jen kromě : „AVO bude využívat manipulátor vlastní konstrukce, který bude umožňovat přístup do pracovního prostoru stroje z boku“ ... přístup čeho, resp. koho? Manipulátoru, nebo obsluhy?). Nicméně zadání se skládá z požadavku na řešerši daného tématu (palety a jejich rozhraní, zásobníky palet, manipulátory, dodávky kompletních technologií apod.), a dále z požadavku na návrh AVO (kinematika, pohony, rám, kryty senzory, komunikace s ŘS stroje apod.), včetně dokumentace ve 3D.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno s menšími výhradami</b>
<i>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.</i>	
Zadání práce je fakticky splněné (alespoň pro potřeby naplnění podstaty diplomové práce, resp. viz dále). Práce obsahuje všechny potřebné náležitosti, včetně jejího textového rozsahu i příloh výkresové dokumentace. V úvodu je krátké představení dané problematiky, následuje cíl práce a představení stroje, ke kterému má být AVO navrženo. Dále následuje řešerše daného tématu a poté již vlastní návrh AVO se všemi náležitostmi (textově chybí snad jen popis řešení krytování AVO). V závěru je nicméně uvedeno, že : „Navržené zařízení AVO bohužel nesplňuje požadavek na výměnu palet z boku“. Pokud je skutečně zadání myšleno tímto způsobem (přístup AVO z boku stroje; mimochodem jakého? Krytování MCV1100 umožňuje přístup zprava i zleva), pak zadání hodnotím jako <i>mimořádně náročné</i> a technicky komplikované. Ideálně pak tedy mělo být zadání upraveno (po dohodě se zadavatelem).	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený postup práce je metodicky správný, po řešerši následuje vlastní tvůrčí činnost obsahující zadání, vlastní práce i její závěr (byť s výše uvedeným prohlášením).	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Odborná úroveň odpovídá dosaženému stupni vzdělání a druhu předložené práce. Zda došlo k využití podkladů a dat získaných z praxe si netroufám odhadnout, předpokládám, že praxi má student teprve před sebou.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Předložená práce patří, na rozdíl od mnoha jiných, v tomto ohledu k těm zdařilejším. Nicméně : Přehled použitých veličin, str.9 : součinitel C – čeho? Koeficient Fk – čeho? Str.10 : životnost lin. vedení přepočtená na cykly za hodinu Lr – jednotky roky? Str.11 : jmenovitá životnost lineárního vedení L – bezrozměrná? $M_{\text{omax}}$ [Nm] není maximální ohybové napětí, ale moment. Přehled zkratk, str.13 : PCL -> PLC. Nelogické číslování (alespoň pro mě) podkapitol v rámci oddílů 4.1 a 4.2. Není náhodou kap. 4.3.3 identická s kap. 4.3.7? 4.4.2 : co je to „objemnější obrobek“? Obrobek je buď těžší,	

nebo větší. 4.6.1 : „sklíčidlo“ – spíš vlastní upínač? 4.6.2 : „sklíčidlo“ – spíš paleta? 4.7.6 + 4.7.10 : skutečně „bazén“? 4.7.12 : „V Tab. 3 je uveden přehled jednotlivých paletizačních systémů s rozsahem hmotností jimi *opracovávaných* obrobků“. Paletizační systémy žádné obrobky neopracovávají. Tab.3 : Liebherr dokáže přeci manipulovat i s lehčími obrobky. Obr.74 = obr.15, obr.72 = obr.17. Obr.102 : kde mají působíště síly  $F$ ,  $F_{n1}$  a  $F_{n2}$ ? Jaký mají směr? Rovnice 6, resp.7 : není náhodou celkový počet koleček 8? 5.8.3 : momenty jsou určeny z NX12 z fyzikálních, nikoli *fyzických* vlastností modelu. Moment setrvačnosti desky stolu Js určitě nebude řádu  $10^{-6}$  kgm<sup>2</sup> (a to aniž bych znal její přesné rozměry – což by někde být uvedeno mělo). Otáčky stolu  $0,125s^{-1}$  jsou uvedeny až v 5.8.4, i když se s nimi kalkuluje už v 5.8.3. Str.58 : kde je výpočet  $F_{od}$  a  $M_{omax}$ ? Kde je schéma s parametry pro tyto výpočty? 5.8.5 Hřídel otočného stolu, 5.8.6 Hnací hřídel otočného stolu ... chtělo by to alespoň jednoduchou skicu celého pohonu stolu, vč. legendy. Str.60, první věta : „Vstupní hřídel bude kroutící moment ze vstupní hřídele ...“ nelogické. 5.8.7 : výrazy jako „svlečení“, „vysvléknutí“, či „nevysvléknutí“ patří jaksí do zcela jiného odvětví lidské komunikace. Str.54 uprostřed :  $v_f = 0,68mm$  – kde se vzalo? A navíc popis „vůle řetězu mezi řetězovým kolem a řetězem“ – bez komentáře. Nad obr.121 : „Deformace hliníkové desky jsou v normě“. V jaké normě? A dále by byl vhodný alespoň základní popis MKP (materiál, okraj. podmínky, jak se simuloval obrobek, jak kolečka, **proč se (díky symetrii) v případě 4 párů koleček nepočítala jen ¼ desky?**). 5.8.8 : „... při kontaktu s indukčním snímačem ...“. Skutečně? (už slovo *indukční* evokuje bezkontaktnost).

V rámci celé práce je občas používán výraz „stroj“ k označení celého AVO, z globálního pohledu. Toto je poměrně zavádějící, *strojem* bývá označován vlastní obráběcí stroj a AVO jako ... AVO, resp. příslušenství obráběcího stroje. Obr.127 + 128 : bylo by vhodné oba obrázky zarovnat pod sebe na „Pevný profil“. 5.9 : „Srdcem“ ... opět výraz patří do jiného odvětví. Obr. 128 je umístěn do textu odstavce (první řádek je nad obrázkem, zbytek pod ním), kdy je tento odstavec místy lehce nepřehledný („Výsuv konzoly je spojen s výsuvem výsuvného svařence ...“). Str.69 : kde se vzal přenášený výkon  $N = 0,37kW$ ? Str.72 : „moment setrvačnosti posuvových hmot“ – měl by být uveden výpočet. Rovnice 92 : raději volit standardní vzorce s SI jednotkami. Obr.134 + 135 + 139 : (alespoň já) nechápu.

#### Výběr zdrojů, korektnost citací

**B - velmi dobře**

*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.*

Zda jsou citace použitých zdrojů v souladu s citačními zvyklostmi a normami není naštěstí nijak podstatné (alespoň ne pro mě), důležitá je možnost dohledání zdrojových informací. Tato podmínka je v seznamu použité literatury splněna. Zda došlo k využití *VŠECH* relevantních zdrojů, se neodvažuji komentovat. Výběr pramenů je dostatečně rozmanitý. K aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce se z pochopitelných důvodů nemohu vyjádřit.

#### 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.*

První věta Úvodu : „... umožňuje na minimum potlačit vliv pochybení obsluhy na kvalitu výrobků“. Označení *na minimum* jest poměrně odvážné. „Obsluha vykonává pouze výměnu palet s obrobky ze zásobníku či údržbu stroje“. Obsluha může *hlavně* vykonávat výměnu dílců na paletách (neobrobené polotovary za obrobené kusy). I na technologické paletě lze obrábět 5kg těžké dílce. 4.1.2 : „... rastrové otvory snižují tuhost palety“. Tuhost palety s otvory se závitů bude hodně podobná jako u palet s T-drážkami. Možná dokonce i větší. „Palety se vyrábějí v 9 různých velikostech ...“ – toto platí pro jednoho, konkrétního výrobce palet, nicméně bod 4.1.2 je (alespoň v začátku) zcela obecný. 4.2 : „Tyto palety se dodávají neobrobené ...“ – palety jsou samozřejmě obrobené, chybí pouze vlastní interface (T-drážky, závit, ...) paleta & upínač. 4.4 : „Manipulátory slouží k transportu obrobků ...“ – manipulátory slouží k transportu palet (klidně i prázdných). 4.6.6 : „Díky upínacím silám je upnutí bez deformací a vnitřních sil v obrobku“. Deformace a obzvláště vnitřní síly vznikají při upnutí prakticky vždy. Nad obr.90, resp.91 : „Toto řešení by však bylo technicky náročné“. Záleželo by na provedení obou os. Pokud by byly typu servo (s odměřováním), pak je to jen otázka vhodného naprogramování. 5.5 : chybí popis co je uzavřený a co otevřený rám, a proč se kalkuluje s těmito dvěma typy. K MKP v tomto bodě : jedná se o poměrně typickou 1D optimalizační úlohu. **Proč se zvolili zrovna tyto 3 uvedené profily?** (i když věřím, že svářeč by měl z této volby radost). 5.8.3 : obecně je v této kapitole vhodnější kalkulovat s tzv. záběrovým momentem, než s momentem jmenovitým. K obr.114 : takto to asi nebude fungovat. Ohybový moment od výsledné odstředivé síly (v případě nerovnoměrného obsazení palet) jedno ložisko nedokáže zcela zachytit, a to ani v případě, že je deska stolu podepřena kolečky (podpora je pouze v jednom smyslu).

Osobně bych volil standardní uložení na dvě obyčejná kuličková ložiska. 5.8.7 : „Deska otočného stolu má po obvodu zuby pro pohon řetězem“. **Nestačilo by menší řetězové kolo?** Např. přišroubované k desce stolu. Mělo by méně zubů (méně frézování), šel by použít kratší řetěz s menší osovou vzdáleností, a možná by šlo motor s převodovkou, spojkou a řetězkou umístit pod desku stolu. 5.9.4 : standardní tlak v rozvodech stlačeného vzduchu bývá 5,5bar (max. 6bar). 5.14 : ani manipulace vysokozdvížným vozíkem není bez rizika. Zdvihací zařízení pro jeřáb se dá navrhnout, i když hmota není v AVO rozmístěna zcela rovnoměrně.

### **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.*

Přestože (exaktně vzato) předložená práce (pravděpodobně) nesplnila zadání (ale osobně tento problém vnímám spíše jako problém manažerský), považuji toto dílo jako komplexní, s poměrně velkým objemem vývojové práce (analytické a numerické výpočty), a zejména modelování ve 3D.

Doporučuji tuto práci k obhajobě.

Otázky k případnému zodpovězení jsou tučně označeny ve výše uvedeném textu.

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

Datum: 17.8.2022

Podpis: