

Vyhodnocení experimentálního měření kmitání vibrační třídičky pomocí optické metody

Bc. Martin Machač, Ing. Jan Hoidekr

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav konstruování a částí strojů, Technická 4, 166 07 Praha 6, Česká republika

Abstrakt

Tato práce je zaměřena na měření hodnot kmitání vibrační třídičky za pomoci vysokofrekvenční kamery, jejíž data jsou zpracována v softwaru Matlab. Cílem práce je analýza kmitání při určitých frekvencích vibrační třídičky v závislosti na daném časovém úseku. Výstupní data jsou etalonem pro porovnání s matematicko-fyzikálním modelem.

Klíčová slova: Kmitání s n^o volnosti; vibrační třídička; MATLAB; optické metody

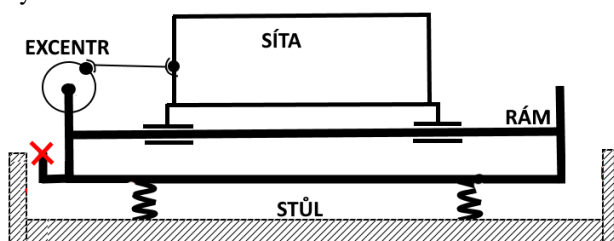
1. Úvod

V této práci bude popsáno experimentální měření vibrační třídičky za pomoci vysokofrekvenční kamery, která snímá pohyb třídičky. Data z vysokofrekvenční kamery jsou dále zpracovávána pomocí softwaru Matlab a výsledkem jsou grafy, které zobrazují kmitání v ose x a ose y, dále graf natočení φ v závislosti na počtu snímků.

2. Definice pojmů a problému

2.1. Vibrační třídička

Vibrační třídička je zařízení sloužící k třídění jednotlivých frakcí sypkého materiálu. Vibrační třídička popisovaná v této práci byla zhotovena pro třídění frakcí semenek a slupek za pomoci čtyř na sobě položených sít. Síta konají posuvný přímočarý pohyb, za pomoci excentrického mechanismu, přichyceného k rámu vibrační třídičky viz obr.:1



Obr. 1: Schéma vibrační třídičky

2.2. Definice problému

Pro zamezení přenosu dynamických sil do stolu byly instalovány čtyři silentbloky, ale tyto silentbloky byly nahrazeny pružinami. Nahrazení bylo provedeno za účelem zjednodušení analytického výpočtu, protože pryž nemá lineární průběh tuhosti. Toto nahrazení mělo neblahý následek, třídička díky těmto pružinám začala už při malých úhlových frekvencích tzv.: "hopsat". Tento jev způsobilo naladění na vlastní frekvenci, po zvýšení

frekvence otáček elektromotoru se vibrační třídička uklidnila. Po dalším zvýšení byla nalezena druhá vlastní frekvence a po dalším zvýšení otáček elektromotoru již třídička ztratila svou funkci, protože síta zůstala v klidu, ale rám se rozkmital. Po zjištění tohoto chování byl realizován matematicko-fyzikální model, který by měl toto chování popisovat, a dále bylo třeba změřit výchylky reálné vibrační třídičky, čímž se zabývá tato práce.

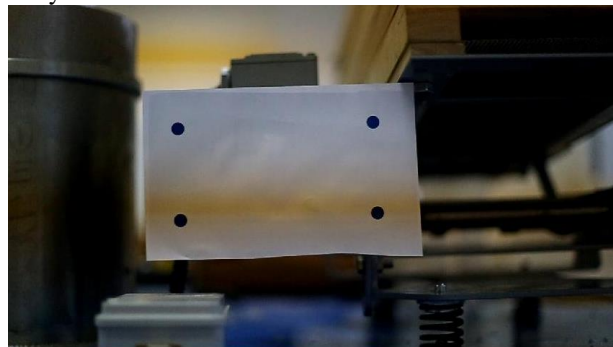
2.3. Výběr metody měření

Jako nejvhodnější metoda pro měření kmitání vibrační třídičky byla zvolena optická metoda. Jedná se o metodu, kdy se využívá obrazový záznam pomocí kamery. Tento záznam je dále softwarově vyhodnocen. Kromě optické metody byly zvažovány další metody, nicméně pohyb třídičky není pouze v jedné rovině, nýbrž ve dvou rovinách, respektive při vyšších otáčkách motoru třídička kmitá i do třetího směru. Pohyb do třetího směru je ale vzhledem k ostatním pohybům zanedbatelný, a proto se celá soustava dá řešit jako rovinná úloha.

3. Postup měření

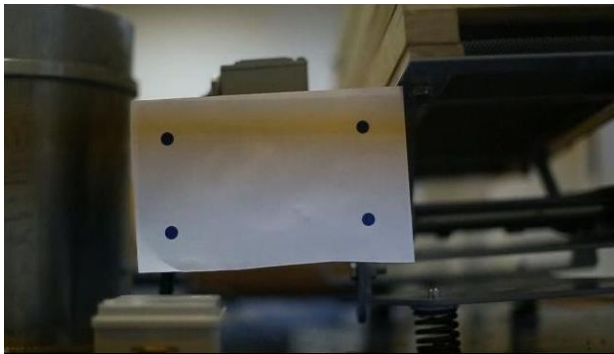
3.1. Výběr kamery

Pro záznam byl instalován papír, se čtyřmi kulatými body viz obr.: 2



Obr. 2: Instalovaný papír s body

Jako první byla vybrána obyčejná kamera. Touto kamerou byl pořízen záznam. Problém ovšem nastal ve chvíli, kdy bylo provedeno zpracování. Kamera měla malé rozlišení a nízký počet snímků za vteřinu. Nevýhoda se projevila při vysokých frekvencích kmitání vibrační třídičky, kdy kamera nebyla schopna zaznamenat body ostře, tedy body na záznamu byly rozmazané. Tento problém se projevila při zpracování záznamu, kdy algoritmus pro vyhledávání kruhů v obraze, nebyl schopen tyto kruhy nalézt, právě z důvodu rozmazanosti. Proto byla zvolena kvalitnější kamera, která byla schopna záznamu ve vysokém rozlišení a také 50 snímků za vteřinu. Obraz byl již ostrý v celém rozsahu měření viz obr.:



Obr. 3: Obraz při maximální frekvenci kmitání

3.2. Zpracování videa pomocí softwaru Matlab

Jako první je třeba do Matlabu pořízené video nahrát, k tomu slouží funkce Videoreader('název videa'). Tato funkce načte pořízené video. Záznam má délku 311 sekund a každá sekunda má 50 snímků. Celkem má záznam 15550 snímků. Záznam byl rozdělen na celkem 5 měření, kdy každé z těchto měření má přibližně 8-14 sekund a jiné otáčky elektromotoru. Začalo se od nejnižších otáček až po maximální.

Pro potřeby Matlabu se záznam musel rozdělit na jednotlivé snímky. K tomu slouží v Matlabu funkce (read), jejíž použití je následující:

```
V= Videoreader('název videa')
For k=1500:1900
Singleframe=read(V,k)
End
```

Tímto cyklem, který zde začíná na 1500 snímku, čemuž odpovídá 30 vteřina a končí 1900 snímkem (38 vteřina) se vygeneruje matice nazvaná singleframe o rozměrech 720x1280x3. Jedná se o trojdimenzionální matici, kde 720x1280 odpovídá rozlišení nahrávaného obrazu a číslo tři odpovídá dimenzi pro trojici barev: červená, zelená, modrá. Díky tomu má každý pixel jasně definované umístění a barvu na snímku. Takto vygenerovaná proměnná singleframe zobrazuje vždy hodnotu aktuálního snímku v cyklu, proto je třeba do cyklu vložit funkci na vyhledávání kruhů.

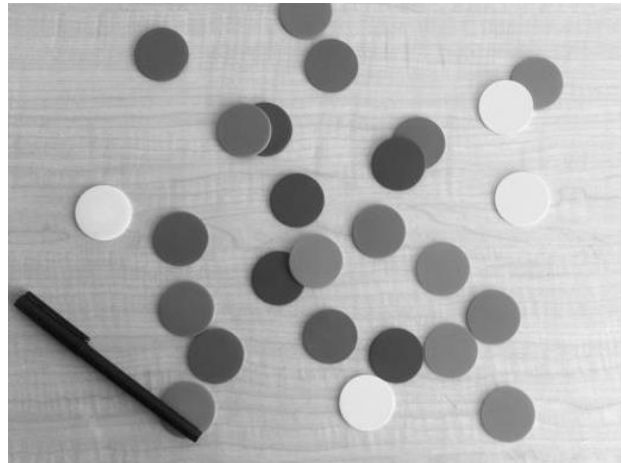
3.3. Funkce pro vyhledávání kruhů

Software Matlab disponuje tzv. Image processing Toolbox, kde se dá nalézt funkce na nalezení kruhů ve snímku. Tato funkce se nazývá imfindcircles. Například pro vyhledání kruhů v obrázku 4.



Obr. 4: Náhodně rozprostřené kruhové objekty [1]

Tento obrázek je vhodný pro ukázkou, jak tato funkce funguje. Funkce Imfindcircles má svá jistá omezení, které je třeba pro úspěšnou funkci respektovat. Prvním omezením je, že algoritmus vyhledává kruhové objekty jen v určitém rozmezí velikosti poloměru. Je proto vhodné mít všechny kruhové objekty, které jsou třeba vyhledat o stejném poloměru. Další problém je patrný z obrázku 5.



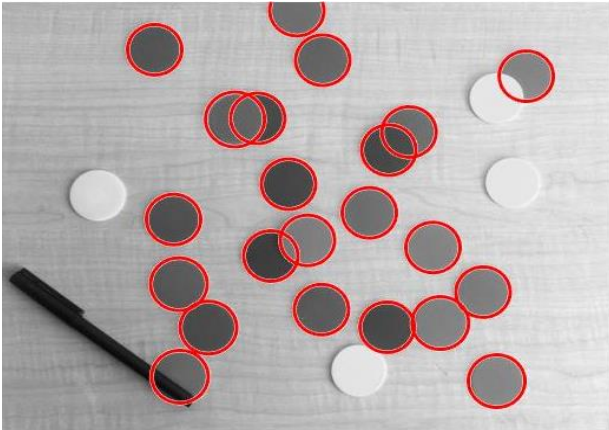
Obr. 5: Náhodné kruhové objekty v černo-bílé barvě

Na obrázku 5 je patrné, že některá kolečka jsou světlejší než ostatní, a proto je třeba algoritmu zadat, zda má vyhledávat tmavé nebo světlé objekty. Dalším možným omezením je senzitivita, proto se může stát, že po spuštění funkce by algoritmus nic nenašel. Proto je vhodné citlivost volit 0,94 – 0,98.

Funkce se dá do Matlabu zapsat takto:

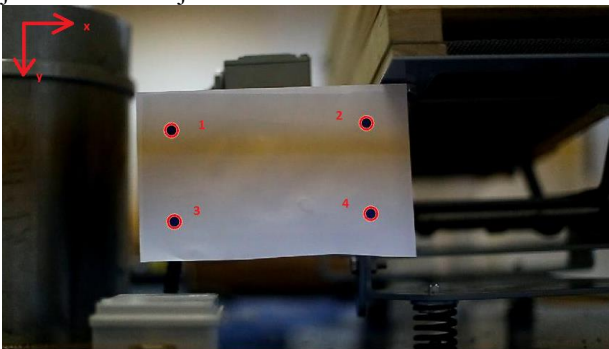
```
[centers, radii] = imfindcircles(singleframe,[20 25],
'ObjectPolarity' , 'dark', 'Sensitivity',
0,95, 'Method', 'twostage');
```

Kde centers je matice středů v obrázku o velikosti 22x2 a radii je matice poloměrů o rozměru 22x1. Výsledek viz obrázek 6.



Obr. 6: Výsledek detekce kruhů

Jak je z obrázku 6 vidět, tak kromě 4 světlých kruhových objektů, byly nalezeny všechny. Díky pochopení funkce `imfindcircles` bylo rozhodnuto volit bílý papír a na něj umístit 4 kruhové body tmavé barvy pro bezproblémovou detekci kruhů, viz obr.: 1. Výsledek vyhodnocení jednoho snímku je zobrazeno na obrázku 7.

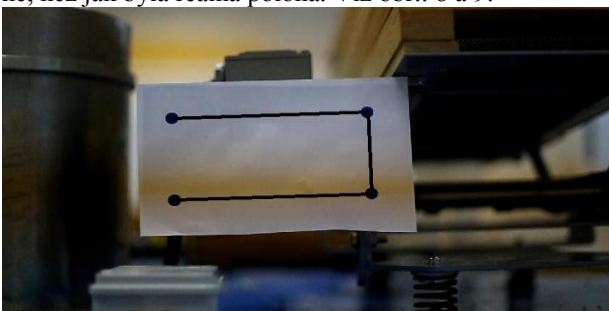


Obr. 7: Výsledek detekce kruhů jednoho snímku

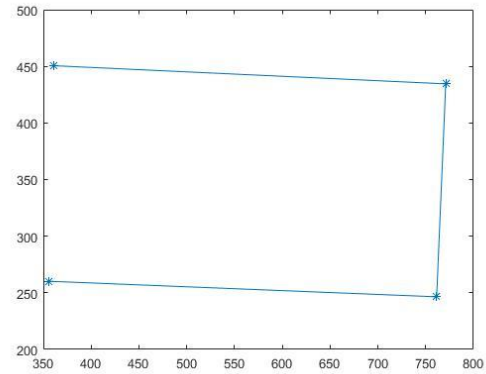
Tabulka 1. Polohy středů kruhů z obrázku 7

	x [pixel]	y [pixel]
Bod 1	354,828	261,085
Bod 2	761,266	246,120
Bod 3	360,821	451,127
Bod 4	770,485	434,469

Jak je patrné z tabulky 1, tak i z umístění počátku na obrázku 7, kde tento počátek je umístěn v levém horním rohu. Takto umístěný počátek je nevhodný pro výsledné vykreslení grafů, kde je počátek umístěn pro změnu v levém dolním rohu. Tento fakt způsobil, že při vykreslení polohy bodu se vykreslované body zobrazily opačně, než jak byla reálná poloha. Viz obr.: 8 a 9.



Obr. 8: Reálný sklon bodů

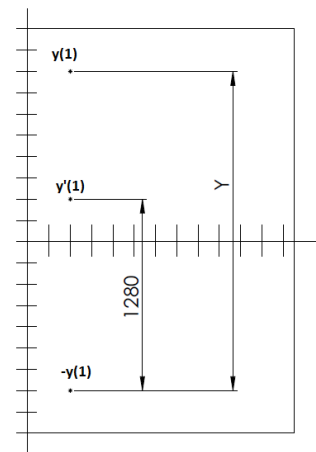


Obr. 9: Výsledek z Matlabu

Při porovnání obrázků 8 a 9 je na první pohled vidět, že díky opačným počátkům nejsou oba obrázky stejné, a právě z těchto důvodů je třeba umístit počátek do levého dolního okraje na obrázku 8.

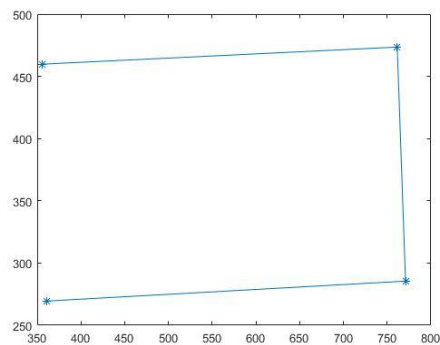
Postupů pro otočení počátku je zcela určitě mnoho, v této práci je prezentován tento postup:

Po nalezení středů kruhů je k dispozici matice 4x2 pro jeden snímek. Druhý sloupec je sloupcem určující polohu středu bodu v ose y. Tento sloupec se převede na záporný, po převodu se tyto body zobrazí v záporné části grafu jako $-y(1)$. viz obrázek 10.



Obr. 10: Zobrazení změny počátku pro středy bodů

Bod $[-y(1)]$ se nachází v záporné části grafu. Součtem bodu $[-y(1)]$ s počtem pixelů na výšku snímku se bod dostane do bodu $[y'(1)]$ a tím se tento bod zobrazí tam, kde má podle reálného snímku být viz obrázek 11.



Obr. 11: Zobrazení bodu po korekci identické s obr. 8

3.4. Vykreslení bodů

Pro jednoduchost bylo rozhodnuto využít pouze dva horní body a to konkrétně bod 1 a 2 z obrázku 7. Pro zobrazení kmitání soustavy bude stačit vyhodnotit pouze jeden bod, ale pro vykreslení úhlu φ jsou za potřeby body dva. Aby program mohl vyhodnocovat pouze dva body, bylo třeba snímky oříznout na velikost takovou, kde budou vidět pouze dva body. Je účelné oříznout oblast větší, než kterou zabírají body, aby při kmitání body nezmizely ze snímku, viz obr. 12.

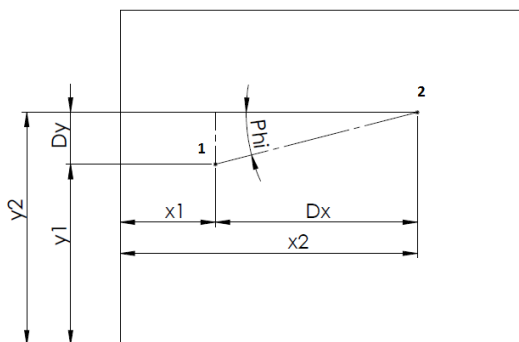


Obr. 12: Oříznutý obrázek

Na obrázku 12 jsou viditelné právě 2 body, které funkce `imfindcircles` najde. Polohy středů x a y se zapíše do proměnné $x1(:,k)=Centers(1,1)$, kde k značí: k -tý snímek v cyklu. Jelikož jsou hledány dva body, tak matice `Centers` má rozměr 2×2 a vypadá takto:

$$\begin{pmatrix} x^{(1)} & y^{(1)} \\ x^{(2)} & y^{(2)} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Jelikož funkce `imfindcircles` by mohla náhodně najít střed i druhého bodu jako první, tak by v každém cyklu mohlo být $x1$ jiná vzdálenost, proto je nutné souřadnice středů seřadit. K tomu poslouží jednoduchá podmínka `if`. Jak je totiž z obrázku 12 patrné, tak souřadnice $x1$ nemůže nabývat hodnot větších než 100 pixelů, jelikož souřadnice levého bodu je 45 pixelů a pohyb levého bodu na obrázku 12 je okolo ± 20 pixelů. Díky této podmínce se bude do proměnné $x1$ vždy ukládat x -ová vzdálenost levého bodu.



Obr. 13: Schématické znázornění výpočtu úhlu φ

Výpočet úhlu vychází z geometrie.

$$Dx = x_2 - x_1 \quad (2)$$

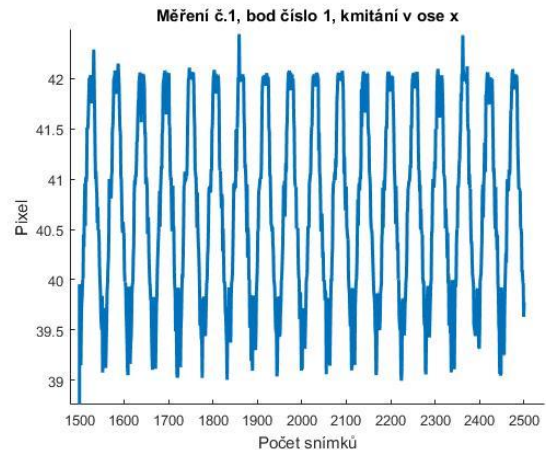
$$Dy = y_2 - y_1 \quad (3)$$

$$\varphi = \arctg\left(\frac{Dy}{Dx}\right) \quad (4)$$

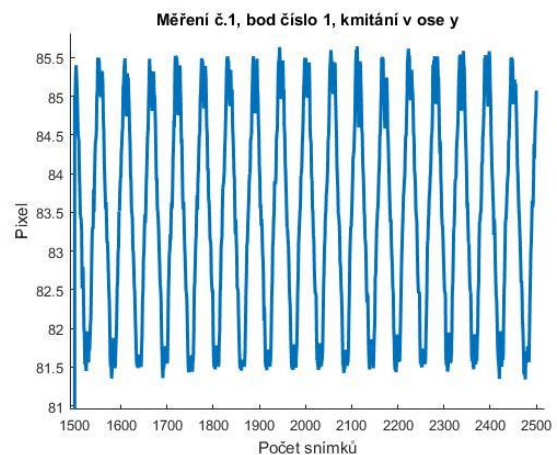
Na obrázku 13 je schématicky znázorněno a v rovnicích 2,3,4 je dopočten úhel φ . Tímto způsobem se v každém cyklu spočítá úhel, který je potřebný pro vykreslení grafu.

Ve chvíli, kdy je skript spočten, je třeba vykreslit grafy, pomocí funkce `plot`.

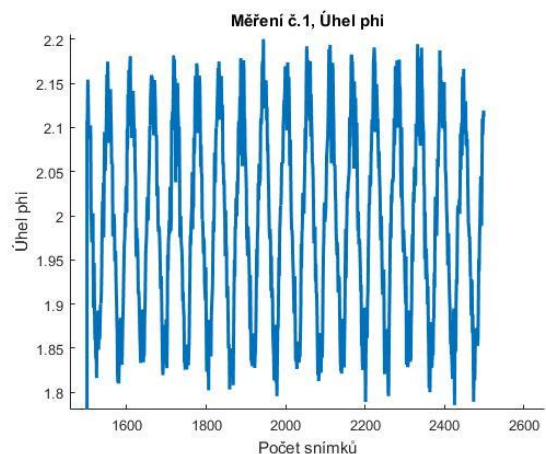
4. Výsledky



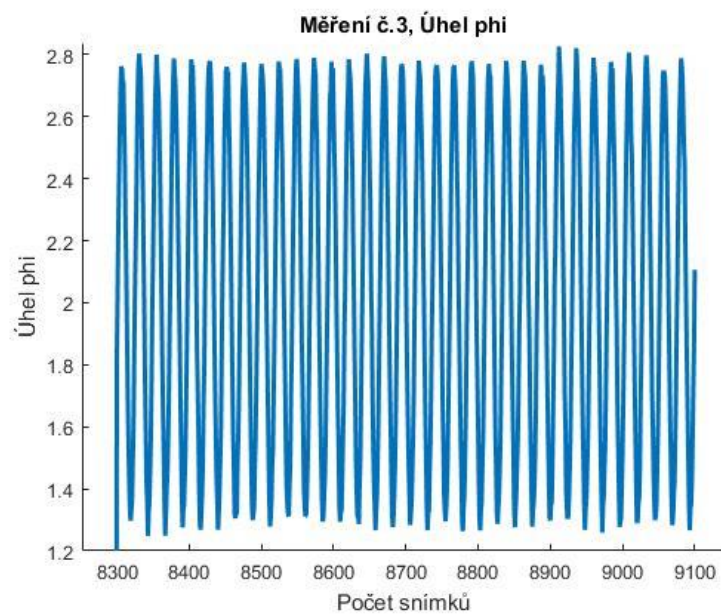
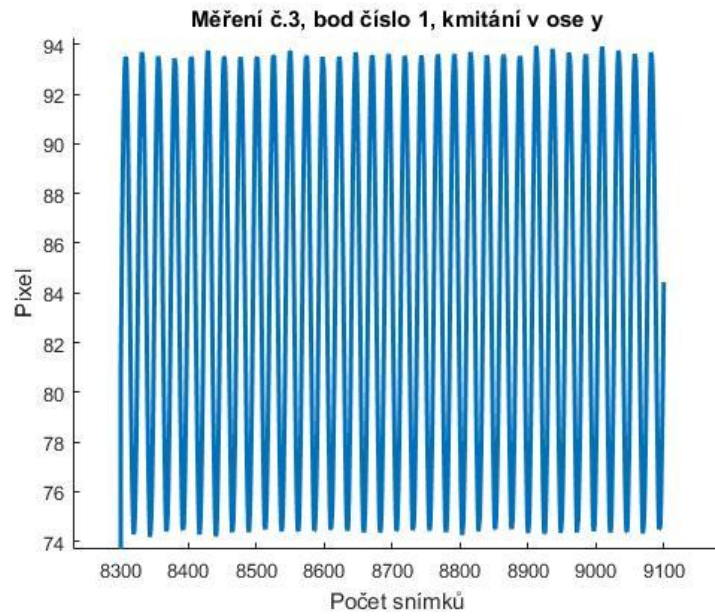
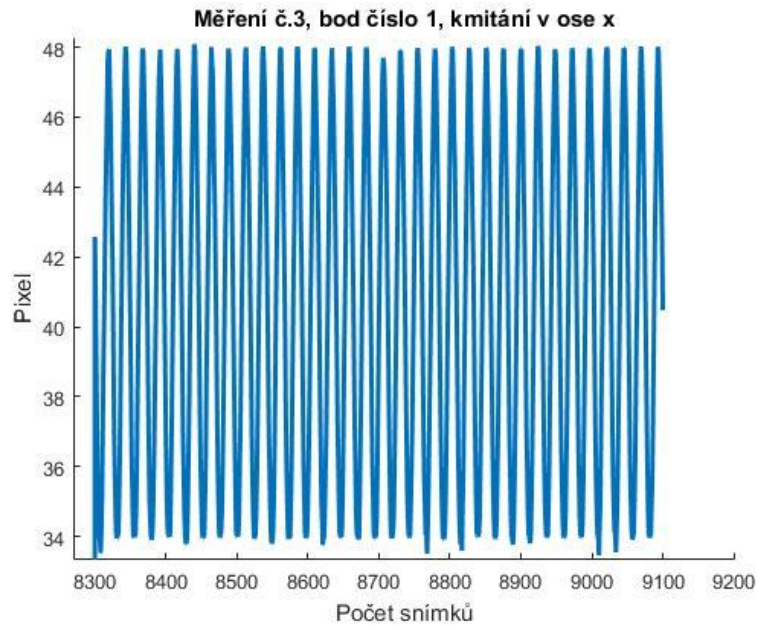
Obr. 14: Měření č.: 1 kmitání v ose x



Obr. 15: Měření č.: 1 kmitání v ose y



Obr. 16: Měření č.: 1 úhel φ



5. Závěr

Úkolem tohoto příspěvku bylo vyhodnocení kmitání vibrační třídičky olejnatých semen, pomocí experimentální optické metody. V tomto případě byla měřičem digitální zrcadlovka Canon EOS6D s objektivem Canon EF-50 mm/f1.4 s 50 snímků za vteřinu. Tato kamera poskytla dostatečně kvalitní záznam, který byl vyhodnocen prostřednictvím softwaru Matlab, ve kterém byl napsán skript pro vyhodnocení kmitání vibrační třídičky.

Výsledky ve formě grafů poslouží k porovnání s metodou analytickou. Analytickou metodu sepsal Bc. Oskar Turek a jeho příspěvek je s tímto příspěvkem propojen. Výsledky této práce by měly být jakýmsi etalonem k výsledkům z analytické metody. Vzhledem k rozumným průběhům grafů a jejich hodnot, lze konstatovat, že správnost těchto výsledků, lze považovat za relevantní. Pro přehlednost práce jsou prezentovány pouze dvě sady měření tj. měření č.: 1 a č.: 3. Ostatní měření jsou si podobná a není již účelné je v této práci prezentovat.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Janu Hoidekrovi za pomoc při práci s MATLABEM a za celkovou pomoc při řešení této práce.

Zdroje:

- [1] <https://math.stackexchange.com/questions/993531/how-to-isolate-colour-green-from-the-picture>