

MEASURING OF THE FRICTION COEFFICIENT BY USING ISES – WIN

MĚŘENÍ KOEFICIENTU TŘENÍ POMOCÍ ISES - WIN

Loučka M., Bartoň S.

Ústav techniky a automobilové dopravy, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

E-mail: m.loucka@seznam.cz, barton@mendelu.cz

ABSTRACT

Presented article is focused on computerised measurement of static and dynamic friction coefficient. The method used for the data collecting and processing is described for the couple of contact planes wood – wood. The relative error of the result for single measurements was lower than 10 % for static friction coefficient and less than 8 % for dynamic friction coefficient, what is significant improvement in comparison with measurements in past.

Keywords: friction coefficient, dynamic friction, static friction, computer data collecting, computer data processing, Maple, relative error

ABSTRAKT

Článek pojednává o měření koeficientu statického a dynamického tření a realizaci tohoto měření s využitím počítačem zaznamenávaných dat. Je popsána metodika měření a následného výpočtu této fyzikální veličiny pro dvojici styčných ploch dřevo – dřevo. Relativní chyba jednotlivých měření byla u koeficientu statického tření do 10 %, a u koeficientu dynamického tření maximálně 7,9 %, což je v porovnání s přesností měření v minulých letech významným zpřesněním.

Klíčové slova: koeficient tření, dynamické tření, statické tření, počítačem řízený sběr dat, počítačové zpracování dat, MAPLE, relativní chyba

ÚVOD

Třecí síla F_t působí na těleso proti směru jeho pohybu a má vždy opačný směr, než je směr jeho rychlosti v . Velikost třecí síly je přímo úměrná velikosti normálové síly F_N , kterou působí těleso na podložku, tedy

$$F_t = \mu F_N,$$

kde součinitel μ se nazývá koeficientem smykového tření.

Koeficient (též součinitel) statického tření μ_0 je poměr tečné síly T_0 , která právě stačí uvést do relativního pohybu dvě tělesa, jež jsou tlačena kolmo k sobě normálovou silou F_N

$$\mu_0 = \frac{T_0}{F_N}. \quad (1)$$

Koeficient dynamického tření μ je poměr tečné síly T , která právě stačí udržovat těleso v rovnoměrném relativním pohybu po povrchu jiného tělesa, k normálové síle F_N mezi tělesy

$$\mu = \frac{T}{F_N}. \quad (2)$$

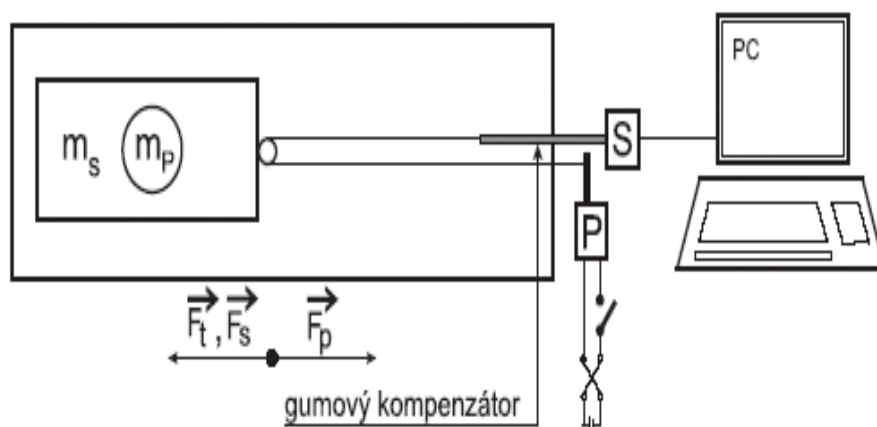
Z rovnic (1) a (2) je zřejmé že koeficienty μ i μ_0 jsou bezrozměrná čísla.

Ve své práci jsem se zaměřil na měření a srovnávání koeficientu statického i dynamického tření dvou těles (špalíku a desky) ze stejného materiálu (bukové dřevo) s různou kvalitou povrchu a s různou látkou mezi těmito tělesy.

MATERIÁL A METODIKA

Zařízení pro stanovení koeficientu tření je schematicky znázorněno na obrázku 1, schematický pohled shora. Špalík i přívažek jsou pro větší názornost zobrazeny ve větším měřítku než buková deska. Bukový špalík o hmotnosti m_s s přívažkem o hmotnosti m_p je tažen přes kladičku silonovou nití navíjenou na hřídel pohonu P . Rychlost pohonu je regulovatelná. Druhý konec nitě je připevněn k siloměru S . Gumový kompenzátor slouží k regulaci rychlosti nárůstu tažné síly F_P . Špalík je uveden do pohybu v okamžiku, kdy síla F_P dosáhne velikosti T_0 a překoná tak statickou třecí sílu F_S . V tomto okamžiku dosáhne tažná síla F_P své maximální velikosti. Pro další, rovnoměrný přímočarý pohyb špalíku, již není třeba tak velké síly, proto se tažná síla F_P ustálí na hodnotě tečné síly T , která je rovna dynamické třecí síle F_t . Průběh tažné síly F_P v čase zaznamenává siloměr, připojený k počítači.

Obr. 1: Soustava pro měření koeficientu dynamického tření



STANOVENÍ KOEFICIENTU STATICKÉHO TŘENÍ

Špalík umístíme na desku na přesně vyznačené místo a spustíme záznam měření. Asi po 5ti sekundách, spustíme pohon P velmi malou rychlostí. Na monitoru pozorujeme pozvolný nárůst síly, až dosáhne F_{max} a dojde k posunu špalíku a následně k jeho zastavení. Poté vypneme pohon P a zastavíme měření. Za jednu sekundu je možné provést několik set měření. Pro sběr dat byla použita laboratorní souprava PCI IN/OUT a software ISES WIN [1].

Z naměřených dat vypočteme velikost T_0 , viz rovnice (1), podle rovnice:

$$T_0 = 2 F_{max} - F_0 \quad (3)$$

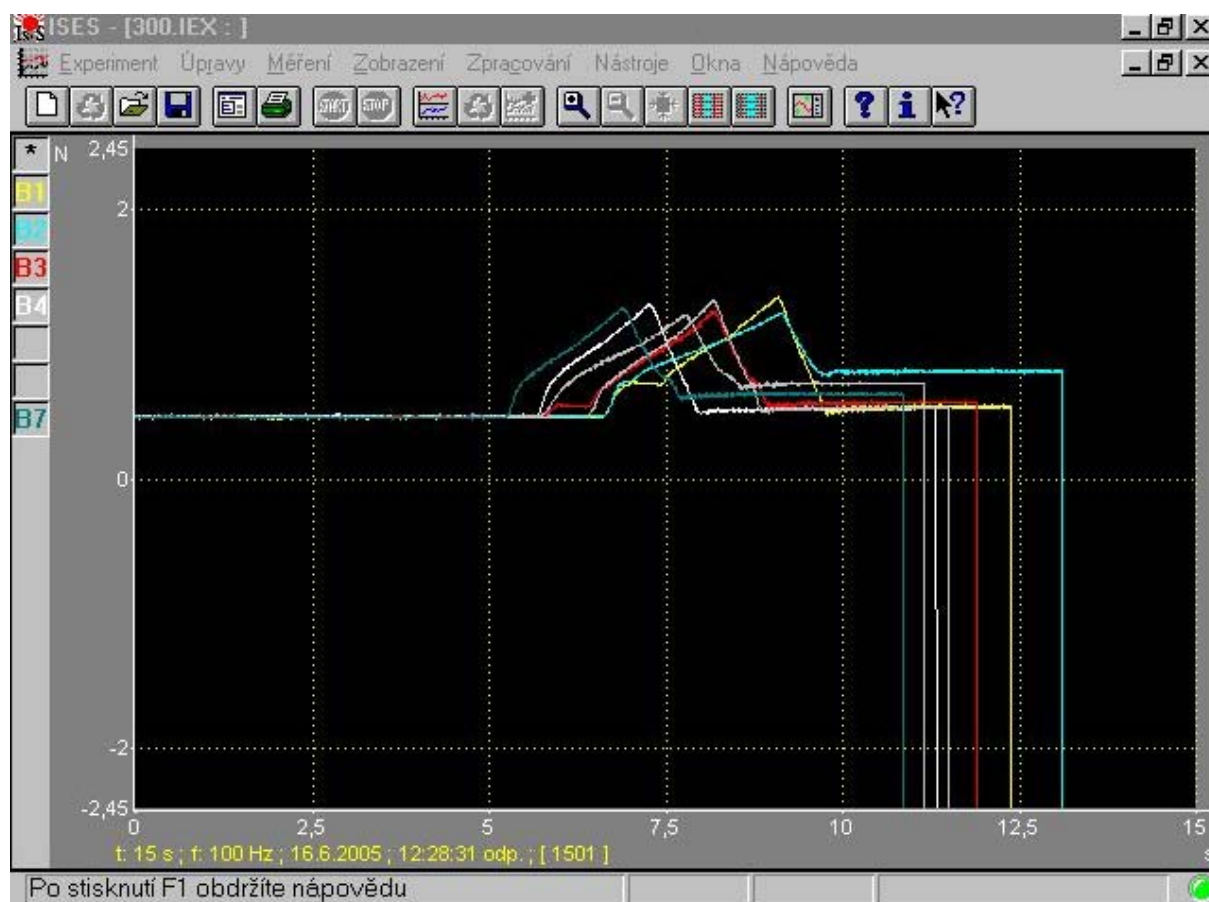
kde F_{max} je maximální naměřená síla pro jednotlivé měření

F_0 je počáteční hodnota udávaná siloměrem, vypočítá se jako průměr z jednotlivých hodnot během prvních 5ti sekund měření

Měření opakujeme s přívazky m_p o hmotnostech 100, 200, 300 a 400 g.

Záznam jedné série měření je na následujícím obrázku

Obr. 2: Záznam měření koeficientu statického tření



STANOVENÍ KOEFICIENTU DYNAMICKÉHO TŘENÍ

Špalík umístíme na desku na přesně vyznačené místo. Spustíme pohon P o něco větší rychlostí než při měření statického tření. Jakmile je špalík uveden do rovnoměrného přímočarého pohybu, zapneme záznam měření. Po několika sekundách vypneme pohon P a posuneme špalík tak, aby byla silonová nit volná. Tím určíme hodnotu, kterou udává siloměr, když na něj nepůsobí tahová síla.

Z naměřených dat vypočteme velikost T , viz rovnice (2), podle rovnice:

$$T = 2 F - F_0 \quad (4)$$

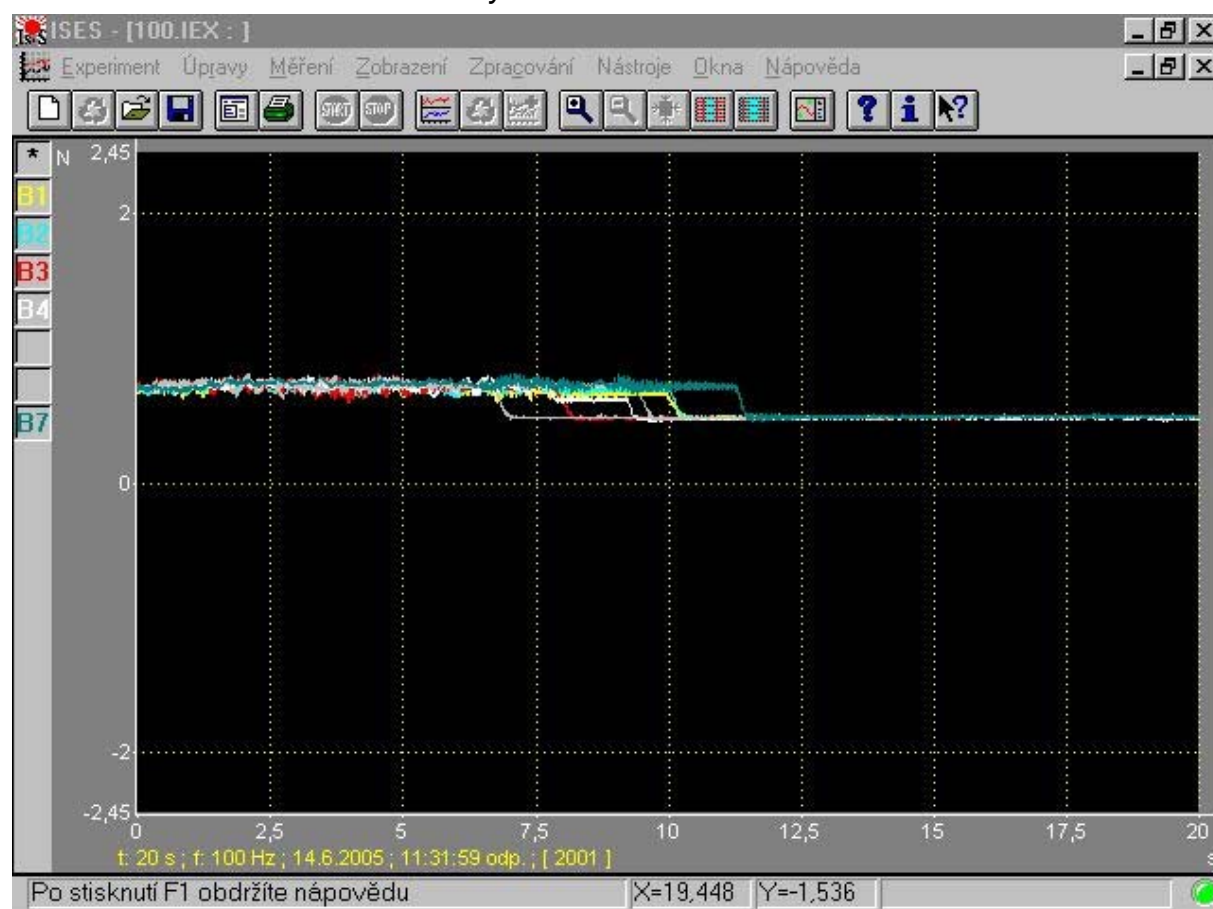
kde F je naměřená síla pro jednotlivé měření, vypočítá se jako průměr z hodnot, kdy byl špalík v pohybu

F_0 je hodnota udávaná siloměrem v době, kdy na něj nepůsobí žádná síla (závěrečná část záznamu měření)

Měření opakujeme s přivažky m_p o hmotnostech 100, 200, 300 a 400 g.

Záznam jedné série měření je na následujícím obrázku

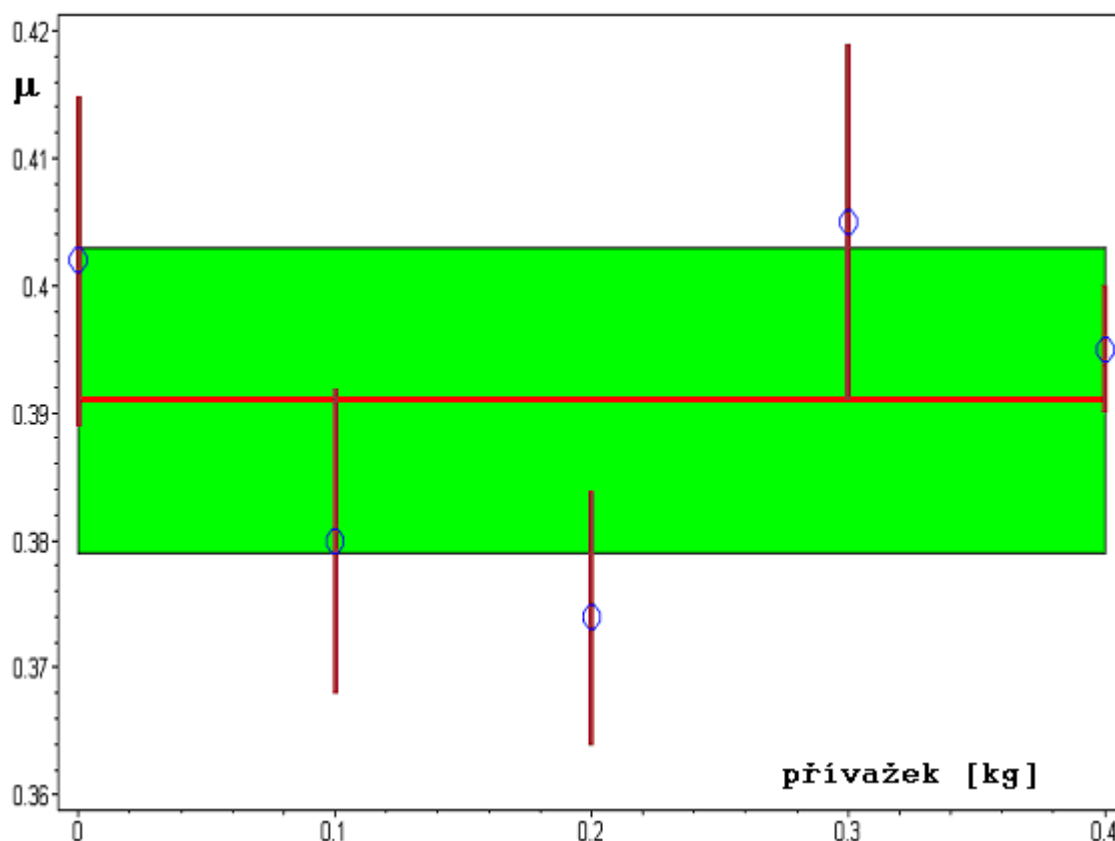
Obr. 3: Záznam měření koeficientu dynamického tření



Byly měřeny tři bukové špalíky (neupravený, hoblovaný a hoblovaný lakovaný) na pěti modifikacích jedné bukové desky (neupravená, hoblovaná lakovaná a dále hoblovaná lakovaná s vrstvou vody, vrstvou motorového oleje a vrstvou rostlinného oleje). V každé z dvojic povrchů byla provedena série sedmi měření, a to pětikrát s rostoucí hodnotou přivažku. Z každé série byla vyloučena dvojice měření s největší absolutní odchylkou od průměrné hodnoty. Byla určena průměrná hodnota koeficientu tření, střední kvadratická chyba a relativní chyba pro jednotlivé série.

Jedna ze sérií měření (dvojice povrchů lakovaná suchá deska a hoblovaný lakovaný špalík) je zobrazena na obr. 4. Na vodorovné ose jsou hodnoty přivažku, na svislé hodnoty koeficientu statického tření. Červeně je vyznačena průměrná hodnota koeficientu statického tření, zeleně její střední kvadratická chyba a modře jednotlivé naměřené hodnoty koeficientu se svými středními kvadratickými chybami (hnědou barvou).

Obr. 4: Výsledky měření pro danou dvojici povrchů



VÝSLEDKY A DISKUZE

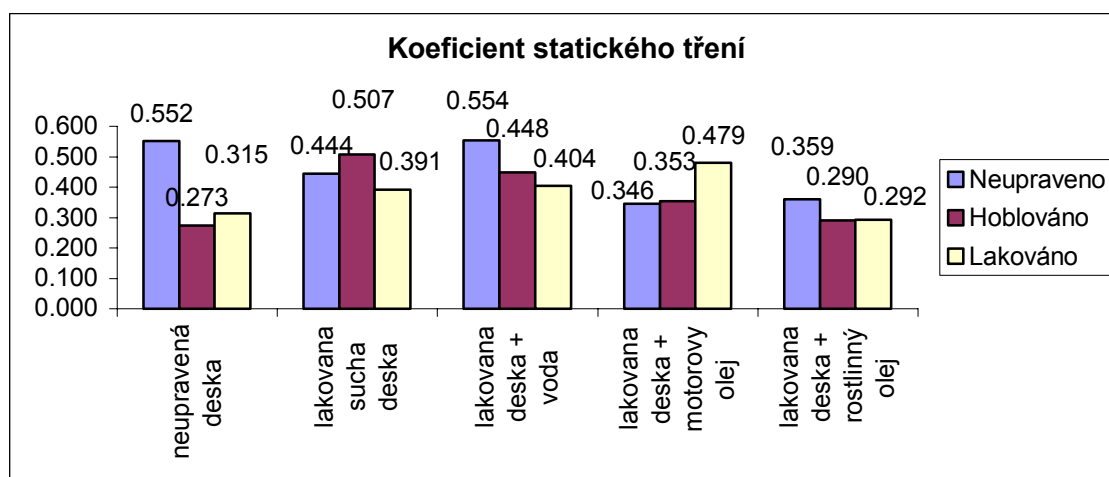
Koeficient statického tření

Výsledky měření jsou komplexně zobrazeny v grafu na obr. 5. Pro neupravený špalík platí, že nejvyšší hodnota koeficientu tření je na lakované desce pokryté vodou a na neupravené desce. Je to pravděpodobně způsobeno vyšší adhezí špalíku s vodou a zaklíněním

povrchových nerovností do sebe v případě, kdy jsou oba povrchy neupraveny. Nejmenší koeficient je naopak na povrchu potřísněném olejem, ať už motorovým nebo rostlinným. U hoblovaného špalíku je tomu trochu jinak. Největší koeficient je na lakované suché desce, kdy došlo k největšímu zaklínění mikronerovností. Na vodě a motorovém oleji je zase dost velká přilnavost, takže je koeficient jen o málo menší. U lakovaného špalíku je největší koeficient paradoxně na desce s motorovým olejem, což poukazuje na to, že olej ve velkém množství zřejmě zcela vyplnil prostor mezi povrchy.

Různorodé výsledky ukazují, že při měření koeficientu statického tření závisí na mnoha faktorech: na přesném umístění špalíku na desku tak, aby měření proběhlo vždy ve stejném místě; na výšce a teplotě kapaliny, která je mezi oběma povrchy a také na délce doby mezi položením špalíku na desku a začátkem měření, kdy může dojít k většímu přilnutí obou povrchů, event. vytlačení vzduchu z prostoru mezi povrchy.

Obr. 5: Koeficient statického tření

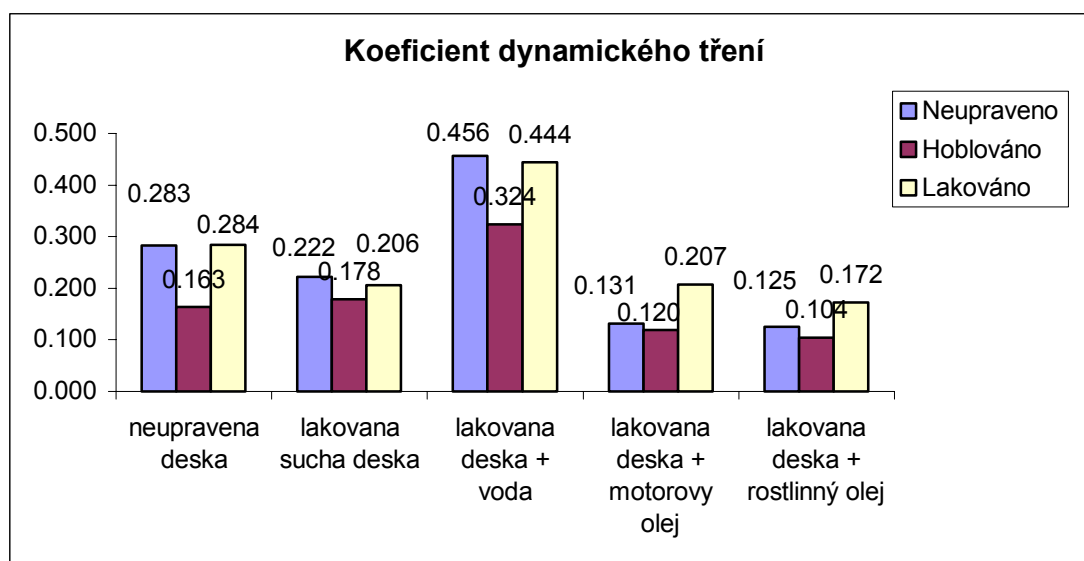


Koeficient dynamického tření

Výsledky pro všechny povrchy jsou ve společném grafu (viz obr. 6). Je vidět, že výsledky pro všechny tři špalíky na různých površích jsou obecně stejné. Liší se jen svou absolutní hodnotou. Nejvyšší hodnoty koeficientu dynamického tření nejsou kupodivu na neupravené desce, jak by tomu asi mělo být, ale na desce pokryté vodou, což poukazuje na to, že vrstva vody negativně ovlivnila adhezní vlastnosti. Nejmenší hodnoty jsou logicky v případě, kdy byla mezi povrchy vrstva oleje.

Mohlo by být zajímavé porovnání dosažených hodnot s výsledky, které by byly naměřeny jiným způsobem, např. pomocí akcelerometrických čidel.

Obr. 6: Koeficient dynamického tření



LITERATURA

- [1] Lustig F.: Školní experimentální systém ISES – příručka k soupravě, Praha, červen 1992
- [2] Bartoň S. et al., 1999: MAPLE V 4. STU Bratislava, ISBN 80-227-1196-9
- [3] Horák Z., Praktická fyzika. SNTL, Praha 1958
- [4] Halliday D., Resnick R., Walker J.: Fyzika. VUT Brno, 2000, ISBN 80-214-1868-0
- [5] RIEDELMAJER R., KVETAN K. The analysis of the acceleration microsensors disposals. In *Research papers of Faculty of Materials Science and Technology*, 2005, Vol. 18, p. 129 – 134