

# TRÉNINGOVÝ SYSTÉM PRO SPORTOVNÍ LEZCE

**Pavel Polach**

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xpolac01@feec.vutbr.cz

Supervised by: Karel Bubník

E-mail: bubnik@phd.feec.vutbr.cz

**Abstract:** This system measures forces between climber's feet and holds on the climbing wall and analyses effectivity of climbing moves in vertical climbing profile. System consist of the tenzometric sensors for measuring the load, hardware A/D converter with microprocesor ATMEL mega 32U4 and an application for communication between PC and converter, for collecting data and for data analysis.

**Keywords:** tenzometr, strain gauge, climbing, climbing wall, climbing technique

## 1. ÚVOD

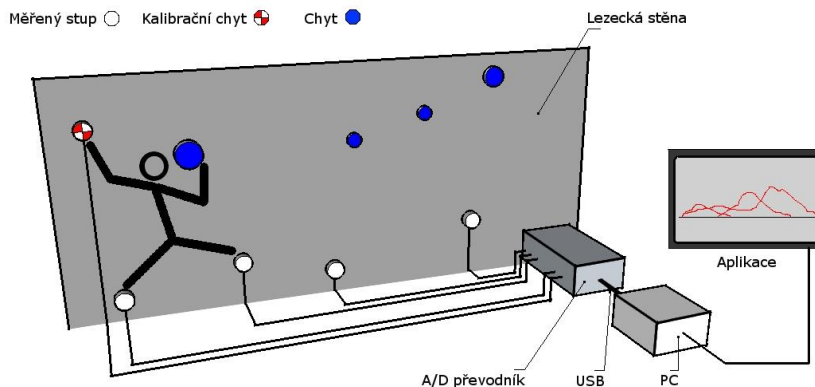
Systém je určen pro lezce začínající s lezením na umělé horolezecké stěně. Při lezení v kolmém profilu by měl lezec držet celou svou hmotnost na nohou a rukama pouze udržovat rovnováhu [3]. Při analýze lezeckého pohybu lze rozdělit celkovou sílu, kterou lezec vynakládá při snaze udržet se na stěně, na část vyvíjenou horní polovinou těla a na část vyvíjenou dolní polovinou těla. Tento systém měří poměr mezi těmito dvěma silami, je schopen ho graficky zobrazit a tím napomoci k pochopení a k naučení správné lezecké techniky.

## 2. KONCEPT MĚŘENÍ

Měření probíhá na speciálně navržené lezecké trase, kde jsou od sebe jednoznačně odlišeny stupy (body, na které lezec stoupá) a chyty (body, kterých se drží). Při vlastním měření se snímá zatížení pouze ze stupů, naměřený průběh zatížení stupů se v aplikaci porovnává s předem zjištěnou váhou lezce.

## 3. MĚŘÍCÍ SYSTÉM

Celý systém se skládá ze 3 částí: snímače zatížení s tenzometry, převodník a počítač vybavený softwarem na analýzu naměřených hodnot.



**Obrázek 1:** Princip měření

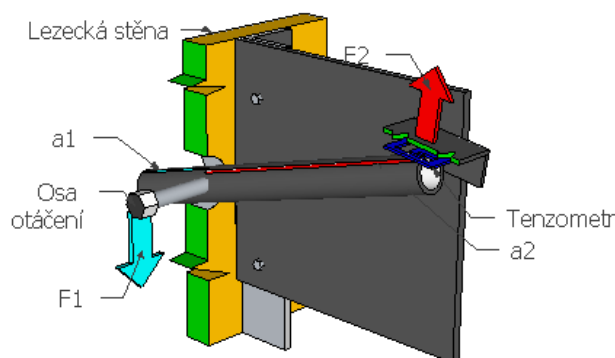
## 4. PRŮBĚH MĚŘENÍ

Po zvážení lezce pomocí kalibračního chytu a stupu je systém připraven změřit průběh zatížení. Po přejetí trasy lezcem systém vynese naměřené hodnoty do grafu, výsledkem je průběh zatížení na jednotlivých chytech. V aplikaci jsou data uložena a mohou být načtena pro pozdější srovnání a vyhodnocení. Důležitou funkcí pro analýzu naměřených hodnot je porovnávání těchto hodnot s hodnotami z jiných měření, naměřených s technicky vyspělejším lezcem.

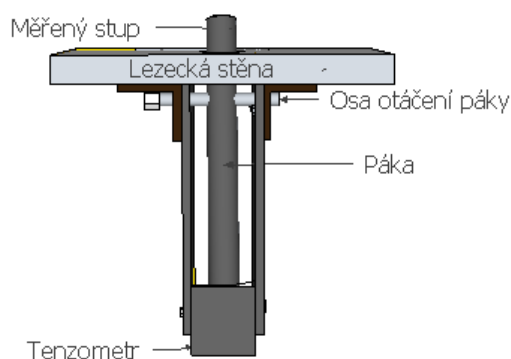
### 4.1. SNÍMAČ ZATÍŽENÍ

Snímač zatížení je tvořen konstrukcí, pákovým převodem síly a tenzometrem. Konstrukce je připevněna ze zadní strany lezecké stěny, do konstrukce je jako páka zavěšen kulatý duralový profil. Na jednom konci páky působí zatížení, na druhém konci páky je tenzometrický snímač z digitální váhy. Páka upravuje přenos síly, je nutné ji v konstrukci použít z důvodu vysoké citlivosti snímače, který byl původně navržen pro měření zatížení v rozsahu 0 – 40 kg. Tento tenzometr byl použit vzhledem k jeho nízké ceně a snadné dostupnosti, na trhu dostupné tenzometrické nosníky nebylo možné použít z důvodu jejich vysoké ceny.

Tenzometr je zapojen v polovičním můstku, napěťový signál je zesílen a filtrován přes dva operační zesilovače. Výstupní napětí v rozsahu 0,7 – 3,5 V se přivádí na převodník.



Obrázek 2: Řez snímačem zatížení



Obrázek 3: Pohled z vrchu

Pro návrh snímače bylo klíčové spočítat délku ramen páky tak, aby nedošlo k destrukci snímače a zároveň aby byl využit jeho rozsah. Při výpočtu sil působících na stup při našlápnutí lezce byly zvoleny dvě konstanty. Doba tlumení  $t = 0,1s$  jako doba, po které se největší síly působící při prudkém našlápnutí ustálí, a rychlost nášlapu  $v = 4 m/s$ . Tyto hodnoty byly zvoleny po rozboru záznamu pohybu natočeného na video. Z rovnic popisující hybnost, kinetickou energii a páku byl spočítán optimální poměr délky ramen páky 1:5 za předpokladu, že lezec bude 70kg těžký. Při testování zavěšení na prototypu snímače byl tento poměr upraven na 1:4, protože reálně lezec nepůsobí na konec ramena síly  $a_1$ , ale v bodě těsně u lezecké stěny.

### 4.2. HARDWAROVÁ ČÁST

Hardwarovou část systému tvoří mikroprocesor Atmel mega 32U4 na vývojové desce Arduino Leonardo, který disponuje vhodným 10-bitovým převodníkem a 12 analogovými vstupními kanály

s rozsahem 0-5V, umožňuje tedy připojení až 12 snímačů. Vzorkovací frekvence každého kanálu je nastavena na 100Hz. Deska je připojena do USB portu a komunikuje s aplikací přes převodník sériového portu, toto řešení komunikace bylo zvoleno z důvodu jednoduchosti implementace a z hlediska použité vzorkovací frekvence vyhovuje [1]. Z této desky je také vyvedeno napájení snímačů, jako referenční napětí pro převodník umožňuje mikroprocesor použít vlastních stabilizovaných 5V, 3.3V nebo připojit externí referenční napětí. Tímto napětím je možné zmenšit rozsah měřeného napětí a docílit větší přesnosti měření. [2]

### 4.3. SOFTWARE PRO SBĚR DAT

V programovacím prostředí PROCESSING je spuštěna aplikace, která přijímá hodnoty z USB portu (přes virtuální COM port) a provádí jejich zpracování.



**Obrázek 4:** Blokové schéma systému: tenzometr v můstkovém zapojení, předzesilovač s filtrací, převodník, emulátor sériového portu, aplikace v PC

V aplikaci je možno si zvolit: počet zapojených snímačů, vykreslení průběhu zatížení na jednom stupu, na všech stupech najednou, na všech stupech zvlášť, je možné také uložit a načíst signál. Důležitou funkcí aplikace je také možnost kalibrace nulové hodnoty jednotlivých senzorů.

## 5. ZÁVĚR

Navržený systém měří zatížení mezi stupy lezecké stěny a lezcem a zpracovává naměřené hodnoty v aplikaci. Z daných hodnot by mělo být možné vyhodnotit efektivitu základního lezeckého pohybu u měřeného subjektu. Při analýze se zobrazí průběh měřených veličin u začínajícího a pokročilého lezce, porovnají se změny ve tvaru naměřených závislostí a z nich se vyhodnotí závěry vedoucí k pochopení zákonitostí lezeckého pohybu. Je také možné naměřené hodnoty uložit, porovnat s časovým odstupem a vyvodit z nich případně míru zlepšení.

Tento systém řeší měření v kolmém lezeckém profilu, protože při tomto měření je snímána pouze svislá osa. Bylo by možné použít stejný systém i pro lezení v profilu převislém, snímač by ale musel být proveden tak, aby byl schopen měřit zatížení s dostatečnou přesností ve třech osách.

Poznámka: v současnosti jsou hotové dva prototypy snímače, základní verze aplikace a probíhá testování.

## REFERENCE

- [1] KALINKA, Burkhard. Měření, řízení a regulace pomocí sběrnice USB. 1. Praha : BEN, 2004. 248 s.
- [2] Atmel mega32UV *datasheet* [online]. [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <<http://www.atmel.com/Images/doc2503.pdf>>
- [3] MACLEOD, Dave. 9 out of 10 climbers make the same mistakes. 1. [s.l.] : Rare Bred Productions, 2009. 176 s. ISBN 978-0956428103.