



Téma bakalářské práce:

Simulace pohybu člověka na skákadle

Autor: František Procházka

Vedoucí práce: Prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.

Konzultant: Ing. František Petruš

Oponent: Doc. Ing. Zbyněk Šika, Ph.D.

Obsah prezentace

- Úvod
- Motivace
- Cíle práce
- Metody řešení
- Výsledky
- Závěr

Úvod

Skákadlo bungee trampoliny je zábavní atrakce. Zařízení se skládá z trampolíny a konstrukce, na které jsou zavěšeny dva svazky elastických lan.

Člověk je oblečen do úvazku, ke kterému jsou lana připnuta. Lana jsou následně napínacím mechanismem utažena.

Svůj pohyb člověk ovlivňuje odrazem od trampolíny, přitažením lan rukou atd.



Fotografie atrakce.

Motivace

- Vytvoření věrohodného dynamického modelu atrakce
- Určení energetické zátěže člověka
- Posouzení možnosti snížení energetické zátěže užitím posilovačů pohybu

Cíle práce

- Sestavení rovinného simulačního modelu skákadla s trampolínou.
- Vytvoření modelu utahování lan a odrazu od trampolíny.
- Provedení simulace pasivních pohybů na skákadle.
- Vytvoření modelu řízení stabilizace pohybů.
- Vytvoření modelu řízení posilovačů pohybu.
- Provedení simulace pohybů na skákadle.
- Provedení odhadu potřebného výkonu člověka pro ustálené pohyby.

Modelování prvků atrakce

- Lana jsou modelována jako lineární pružiny bez tlakové síly
- Model trampolíny je složen z několika základních prvků
- Fiktivní tlumiče reprezentují energetické ztráty

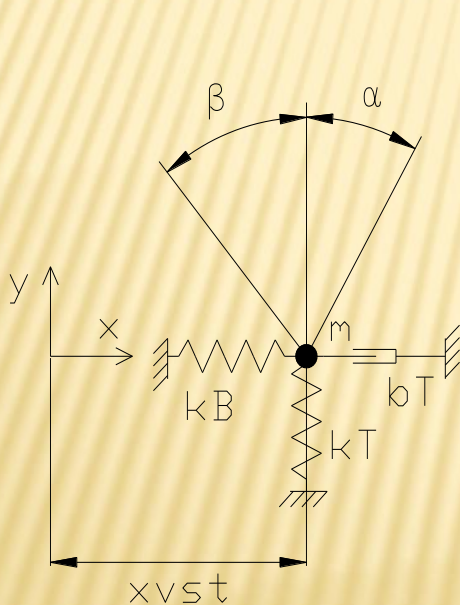
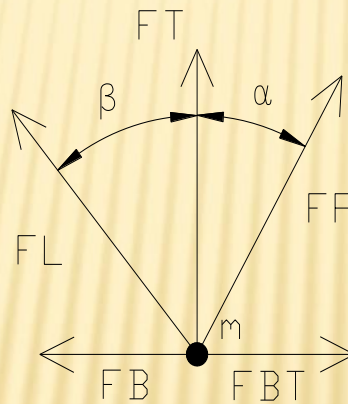


Schéma prvků působících na trampolíně.



Uvažované síly lan a trampolíny.

Energetické bilance modelů

- Možnost částečného ověření sestavených pohybových rovnic
- Posouzení aktivních zásahů člověka z energetického pohledu
- Ověření funkčnosti posilovačů pohybu

$$E = \frac{1}{2} \cdot kL \cdot (lL - lo)^2 + \frac{1}{2} \cdot kP \cdot (lP - lo)^2 + \frac{1}{2} \cdot kT \cdot y^2 + \\ + \frac{1}{2} \cdot kB \cdot (x - xvst)^2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot (\dot{x}^2 + \dot{y}^2) + \frac{1}{2} \cdot I_T \cdot \dot{\varphi}^2 + m \cdot g \cdot y$$

Ukázka vztahu pro celkovou energii modelu se třemi stupni volnosti.

Aktivní zásahy člověka

- Odraz od trampolíny
- Přitažení lana rukou

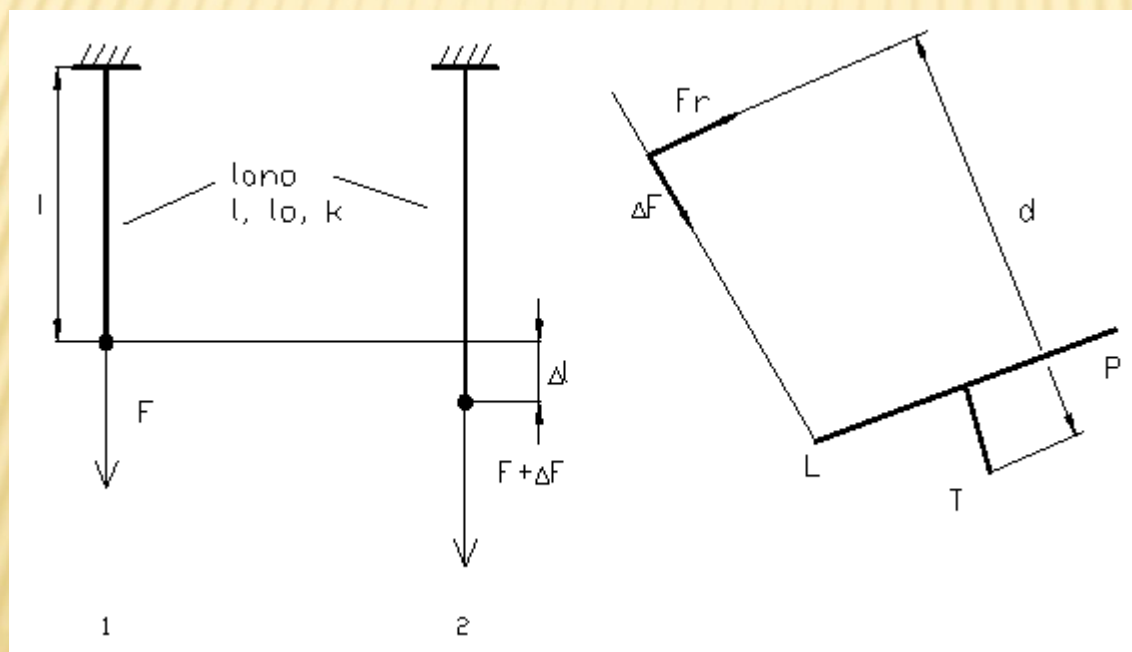


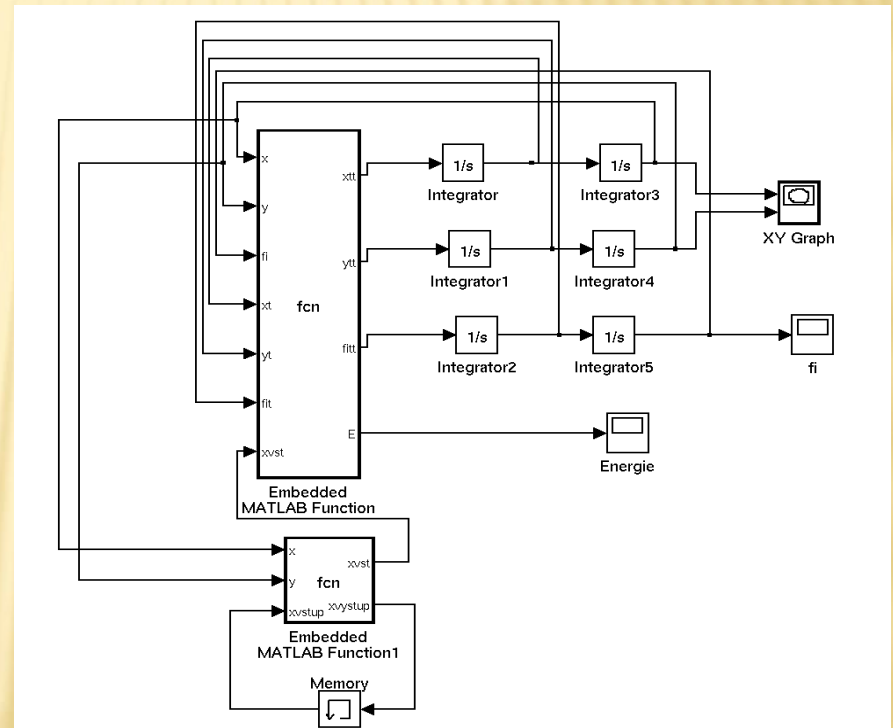
Schéma přitažení lana rukou.

Řízení aktivních zásahů člověka

- Nesnadný popis chování člověka
- Zjednodušený popis analogický PD regulátoru
- Omezení maximální velikosti aktivních zásahů

Výsledky

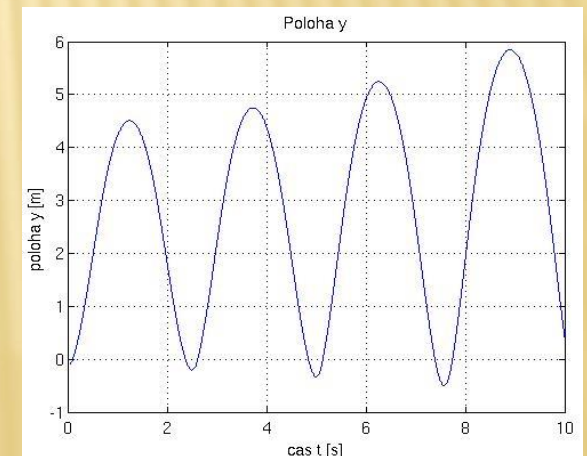
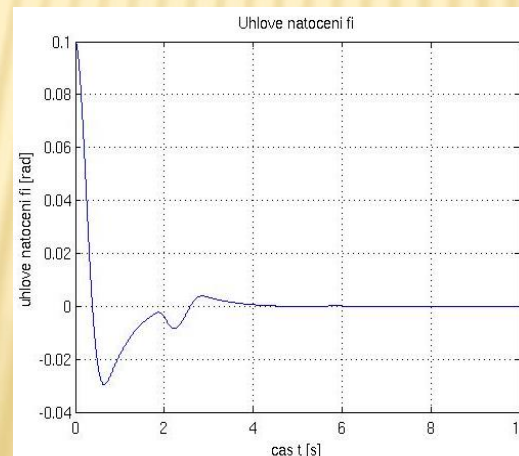
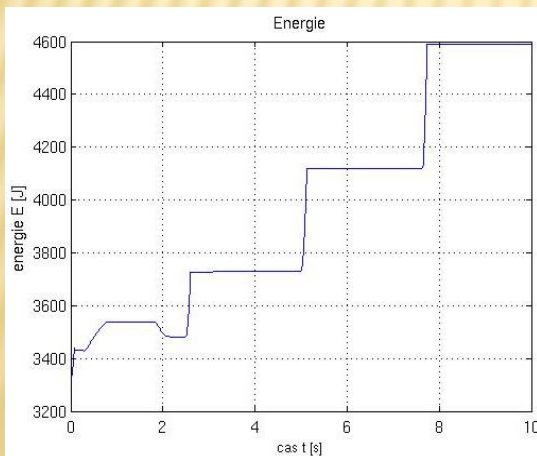
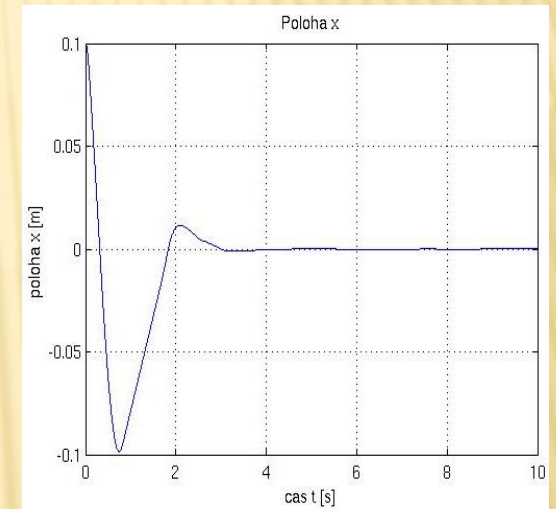
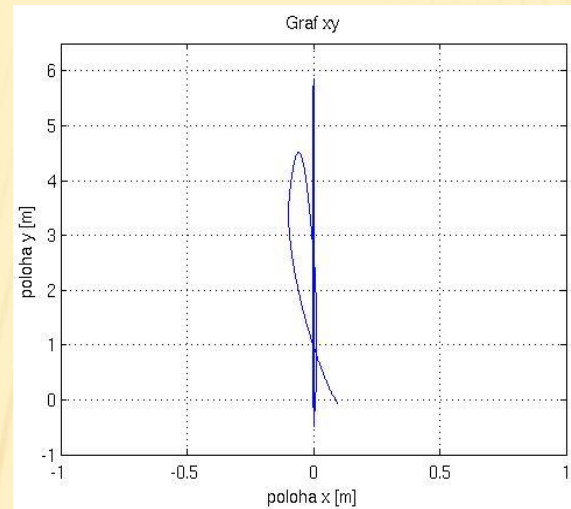
- Řešení provedeno v programu Matlab-Simulink
- Simulace pasivních pohybů
- Simulace řízených pohybů
- Užití posilovačů pohybu
- Energetický rozbor



Blokové schéma v programu Matlab-Simulink.

Ukázka výsledků simulace řízených pohybů pro model se třemi stupni volnosti

- Přitažení lan
- Odraz od trampolíny
- Nulová tlumení



Závěr

- Zjištěná energetická náročnost pohybu přibližně 200 W
- Vhodná koncepce posilovačů pohybu
- Vhodnost upřesnění simulací a reprezentace výsledků

Děkuji za pozornost.

Otázky oponenta:

1. Byla při hledání vhodných hodnot základních parametrů soustavy testována citlivost chování na jejich nastavení ? Například mám na mysli otázku poměru vodorovné a svislé tuhosti trampolíny ?
2. Proč byl pro modelování aktivního přitahování lan člověkem použit právě PD regulátor ?
3. V závěru je pro další rozšiřování modelu navrženo mimo jiné zohlednění stabilizujícího vlivu odrazu na trampolíně. Co je tímto pojmem myšleno ?