

MODEL MECHANISMU STĚRAČE SE TŘENÍM

Inženýrská mechanika a mechatronika
Martin Havlena



Obsah prezentace

Cíle práce

- Požadavky společnosti PAL International s.r.o.
- Souprava stěrače čelního skla
- Postup modelování mechanismu stěrače

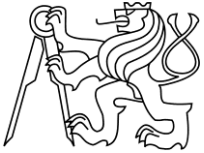
Metody řešení

- Kinematika
- Dynamika
- Modely tření pryže

Výsledky simulací

Závěr

Seznam literatury



Požadavky PAL International s.r.o.

- Výpočtový program pro soupravu stěrače

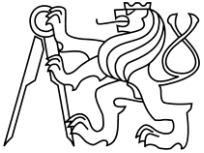




Požadavky PAL International s.r.o.

- **Výpočtový program pro soupravu stěrače**
 - Modifikovatelnost vstupních parametrů

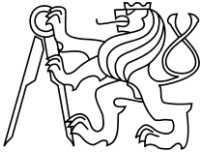




Požadavky PAL International s.r.o.

- ❑ **Výpočtový program pro soupravu stěrače**
 - ❑ Modifikovatelnost vstupních parametrů
 - ❑ Provozní podmínky
 - ❑ Rychlost vozidla
 - ❑ Rychlost stírání
 - ❑ Stav skla





Požadavky PAL International s.r.o.

- ❑ **Výpočtový program pro soupravu stěrače**
 - ❑ Modifikovatelnost vstupních parametrů
 - ❑ Provozní podmínky
 - ❑ Rychlost vozidla
 - ❑ Rychlost stírání
 - ❑ Stav skla
 - ❑ Uspořádání mechanismu
 - ❑ Typ uložení
 - ❑ Délky členů





Požadavky PAL International s.r.o.

Výpočtový program pro soupravu stěrače

Modifikovatelnost vstupních parametrů

Provozní podmínky

Rychlost vozidla

Rychlost stírání

Stav skla

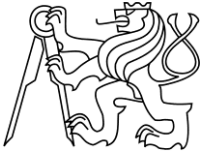
Uspořádání mechanismu

Typ uložení

Délky členů

Výsledky simulací





Požadavky PAL International s.r.o.

Výpočtový program pro soupravu stěrače

Modifikovatelnost vstupních parametrů

Provozní podmínky

Rychlost vozidla

Rychlost stírání

Stav skla

Uspořádání mechanismu

Typ uložení

Délky členů

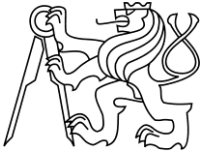
Výsledky simulací

Zatížení elektromotoru

Otáčky hnacího členu

Poloha a rychlost stírátek



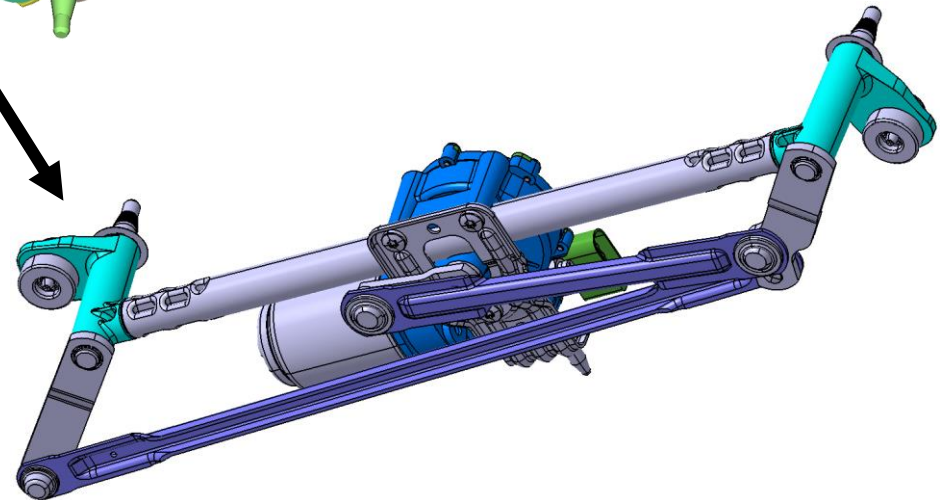
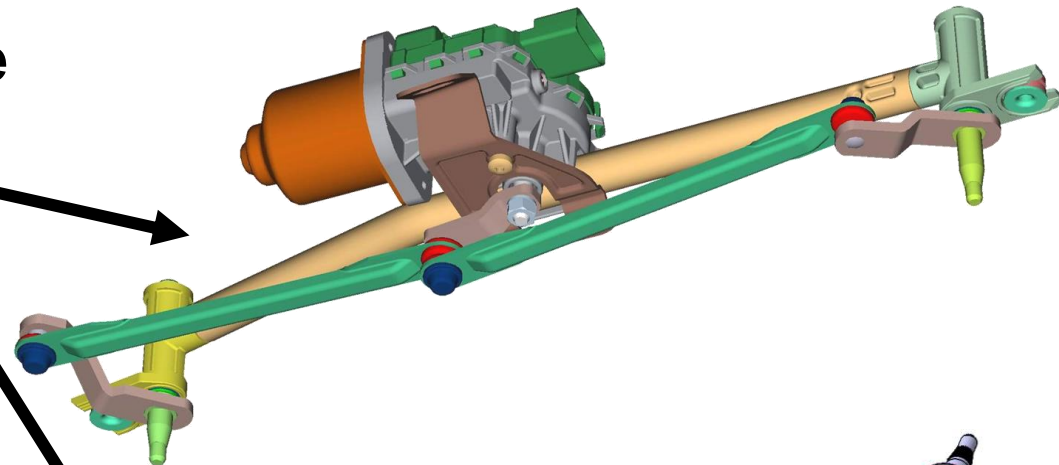


Souprava stěrače čelního skla auta

Mechanismus stěrače

Typ klasický

Typ Master-Slave



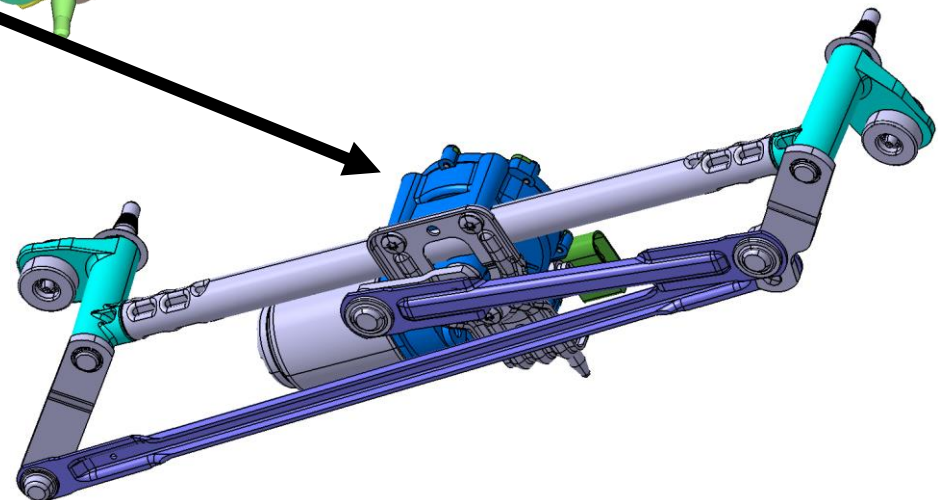
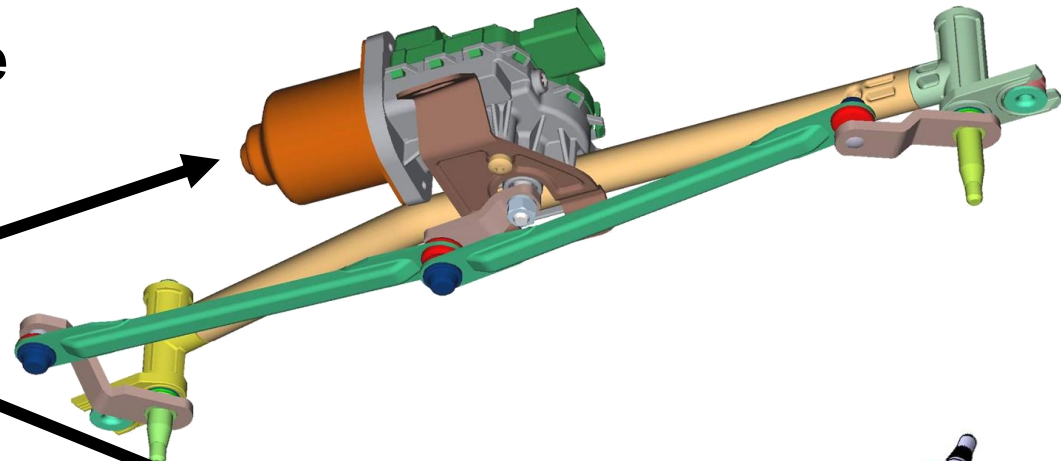


Souprava stěrače čelního skla auta

Mechanismus stěrače

- Typ klasický
- Typ Master-Slave

Elektromotor





Souprava stěrače čelního skla auta

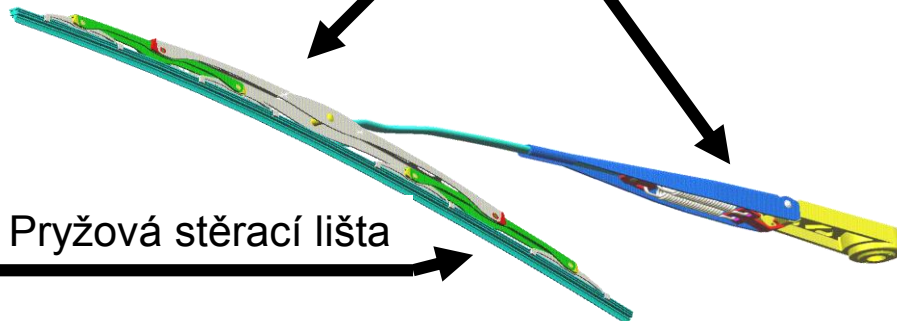
Mechanismus stěrače

- Typ klasický
- Typ Master-Slave

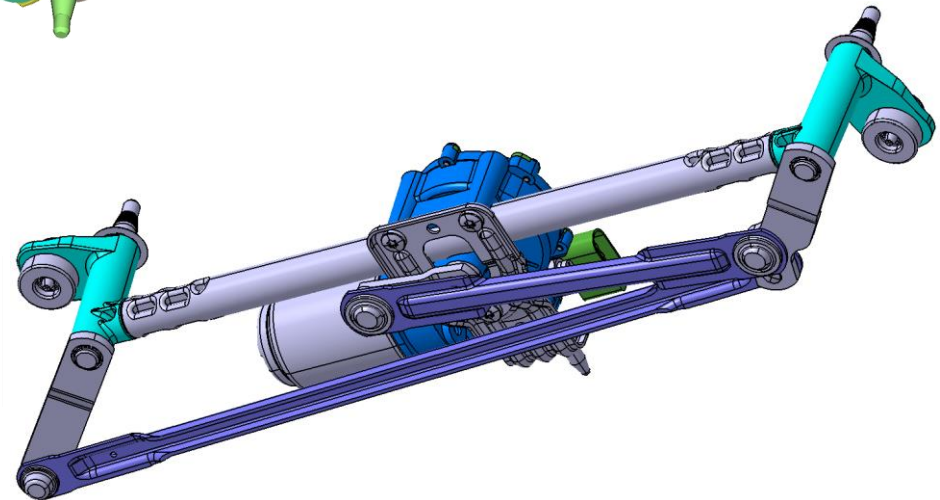
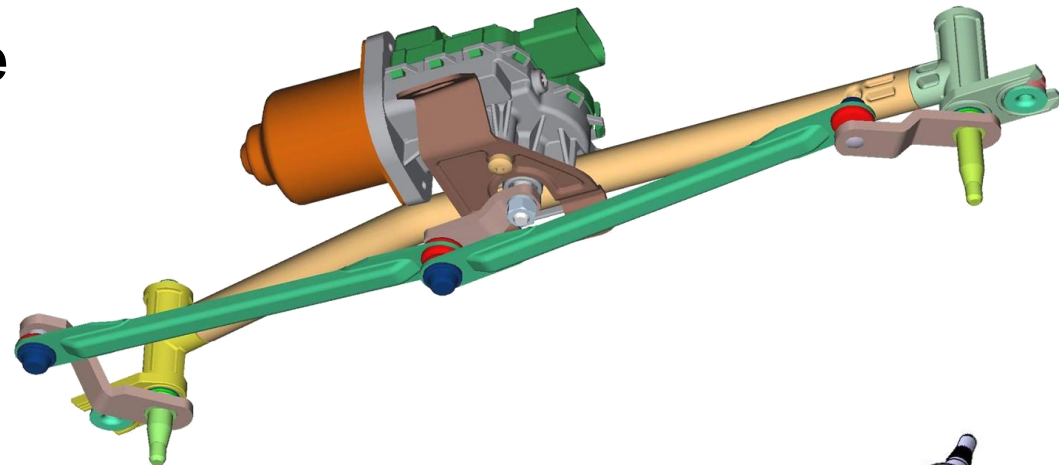
Elektromotor

Raménka

Stíratka



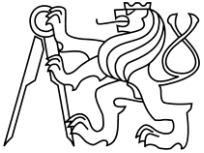
Pryžová stěrací lišta





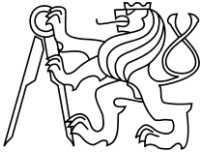
Postup modelování mechanismu stěrače

Kinematický model



Postup modelování mechanismu stěrače

- Kinematický model
- Dynamický model



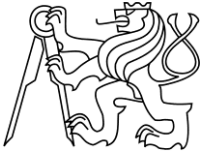
Postup modelování mechanismu stěrače

- Kinematický model**
- Dynamický model**
- Modely tření mezi pryží a sklem**
 - Suché sklo
 - Mokrý sklo
 - Polosuché sklo



Postup modelování mechanismu stěrače

- Kinematický model**
- Dynamický model**
- Modely tření mezi pryží a sklem**
 - Suché sklo
 - Mokrý sklo
 - Polosuché sklo
- Začlenění modelů tření do dynamického modelu**



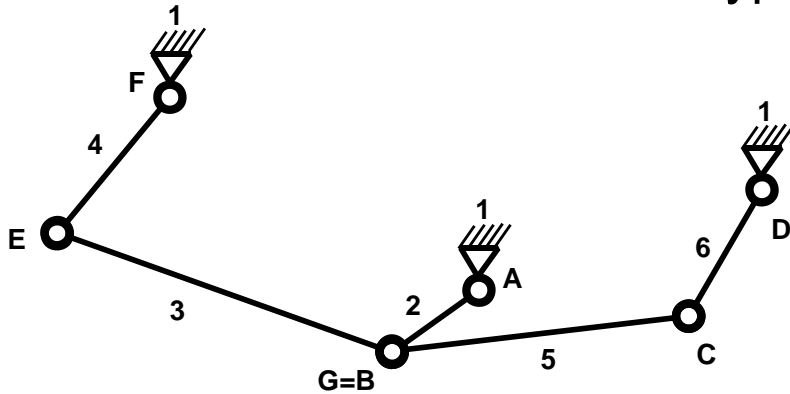
Postup modelování mechanismu stěrače

- Kinematický model**
- Dynamický model**
- Modely tření mezi pryží a sklem**
 - Suché sklo
 - Mokrý sklo
 - Polosuché sklo
- Začlenění modelů tření do dynamického modelu**
- Simulační experimenty**

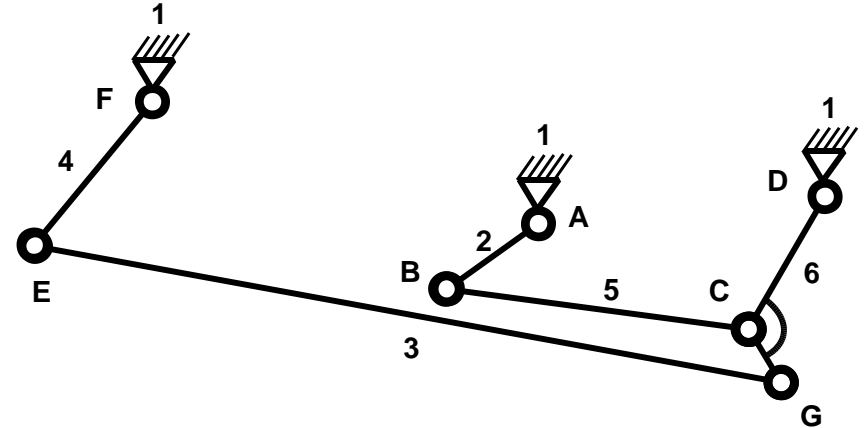


Kinematika

☐ Mechanismus klasického typu



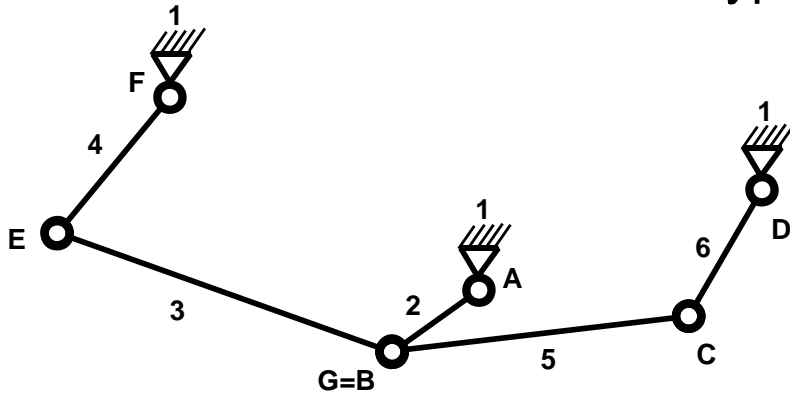
☐ Mechanismus Master-Slave



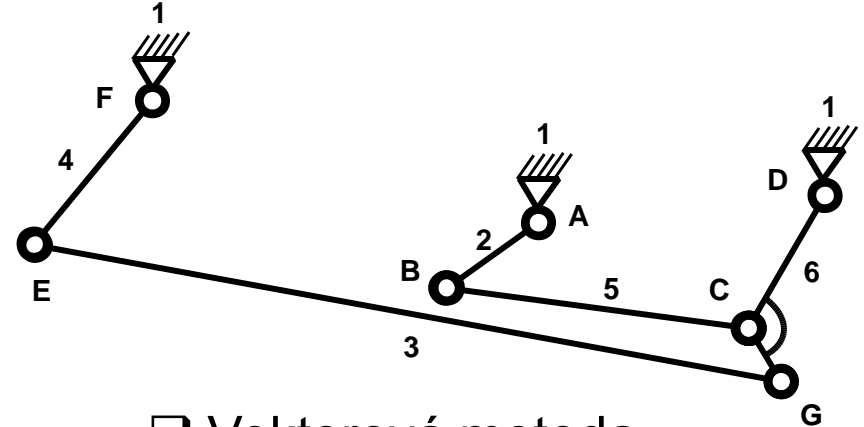


Kinematika

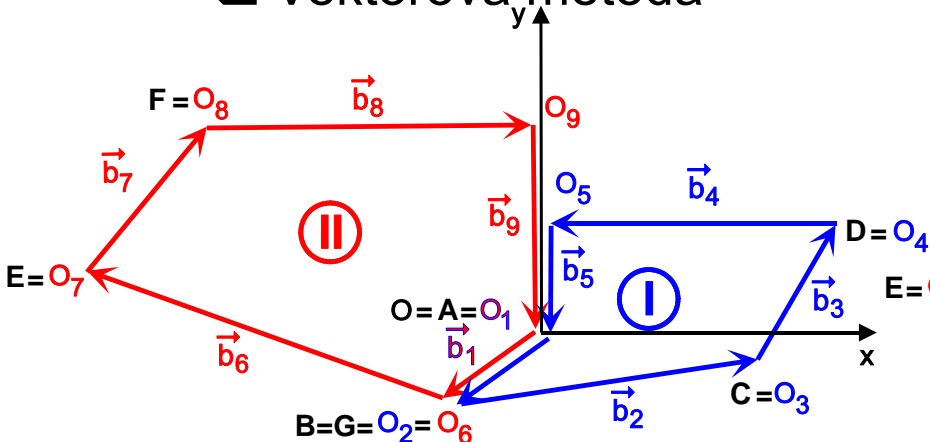
☐ Mechanismus klasického typu



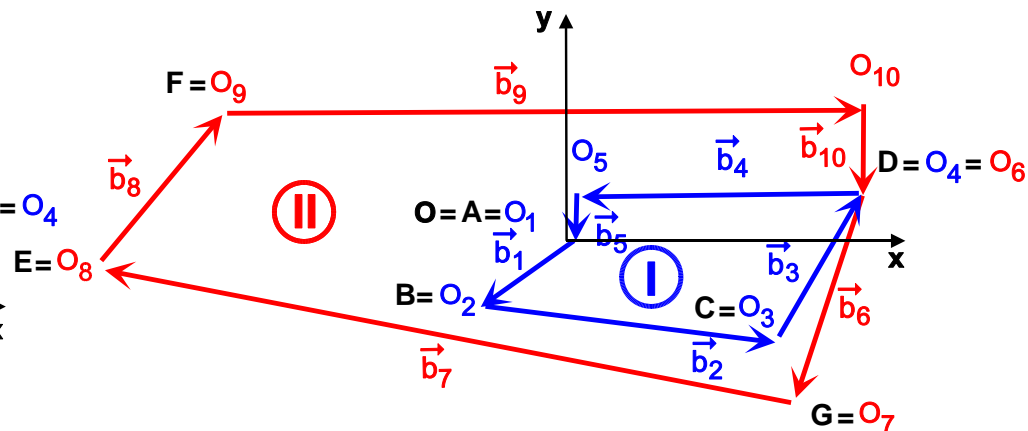
☐ Mechanismus Master-Slave



☐ Vektorová metoda



☐ Vektorová metoda

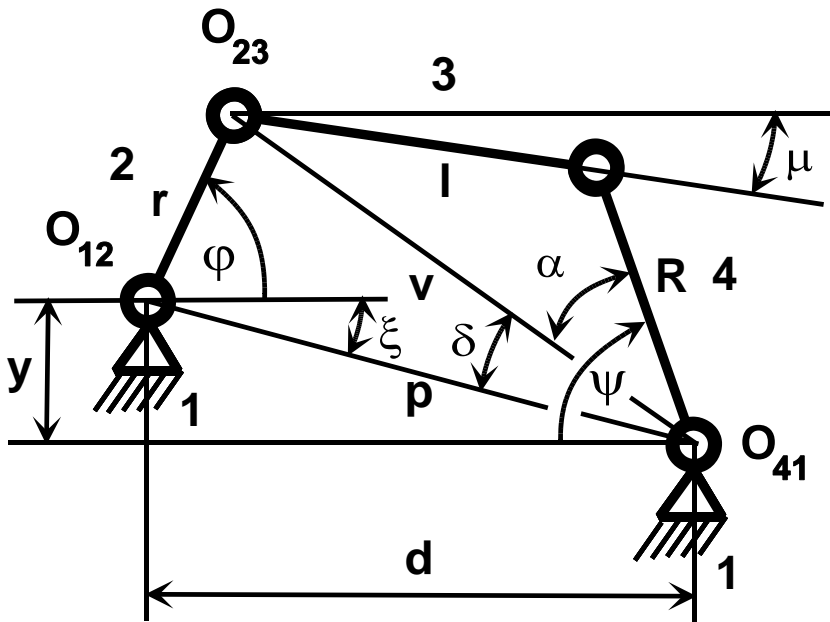




Kinematika

- Mechanismus klasického typu
 - Trigonometrická metoda

- Mechanismus Master-Slave
 - Trigonometrická metoda

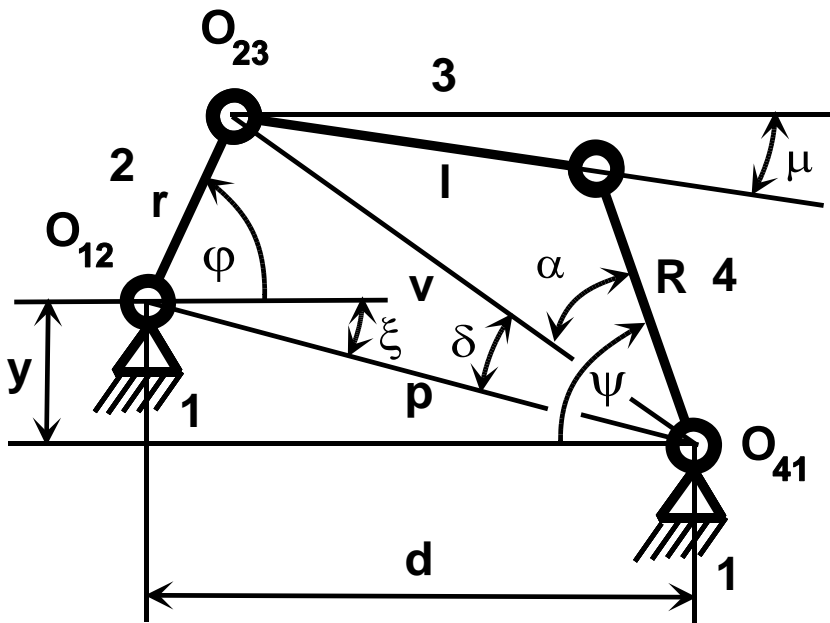




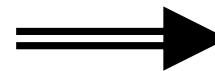
Kinematika

- ❑ Mechanismus klasického typu
 - ❑ Trigonometrická metoda

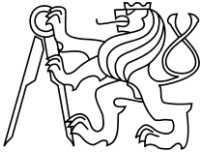
- ❑ Mechanismus Master-Slave
 - ❑ Trigonometrická metoda



Analytické řešení čtyřkloubového mechanismu



Vstupní souřadnice φ
Výstupní souřadnice ψ



Dynamika

Dynamika soustavy těles

- Popis pohybu středů hmotnosti těles - Kinematika
- Vektor celkového zrychlení
- Metoda uvolňování
- Newton-Eulerovy pohybové rovnice
- Numerické řešení



Dynamika

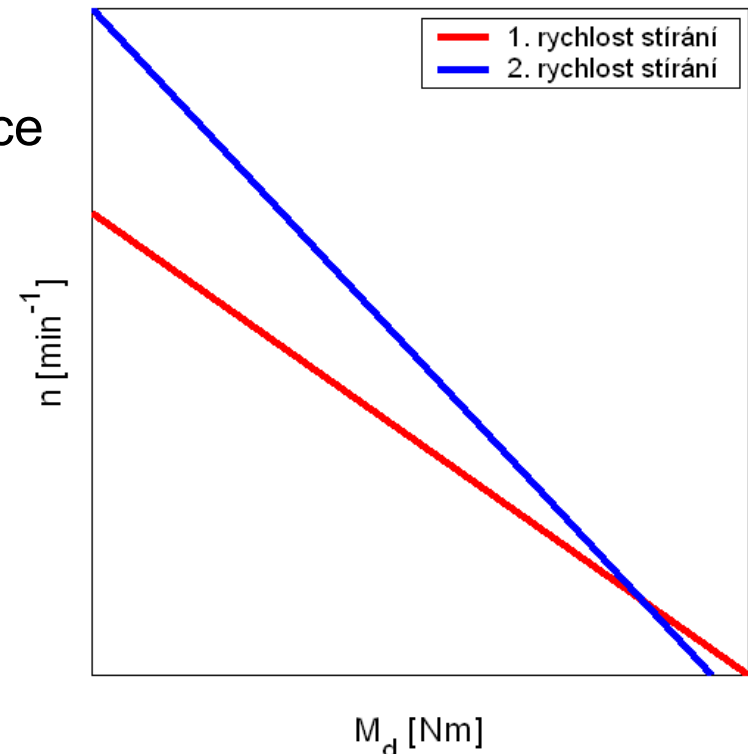
Dynamika soustavy těles

- Popis pohybu středů hmotnosti těles - Kinematika
- Vektor celkového zrychlení
- Metoda uvolňování
- Newton-Eulerovy pohybové rovnice
- Numerické řešení

Rozbor akčních sil

- Krouticí moment elektromotoru
 - Momentová charakteristika
- Třecí síly působící na stírátka

Charakteristika motoru sterace $n=n(M_d)$





Modely tření mezi pryží a sklem

□ Modely s konstantním třením

- Coulombův zákon tření: $F_T = f F_N$
- Hodnoty součinitele smykového tření f

Stav skla	$f = konst.$
mokrý	0,3
suchý	0,9
polosuchý	1,2

i	$v_{ai} [km \cdot h^{-1}]$
1	0
2	120
3	160

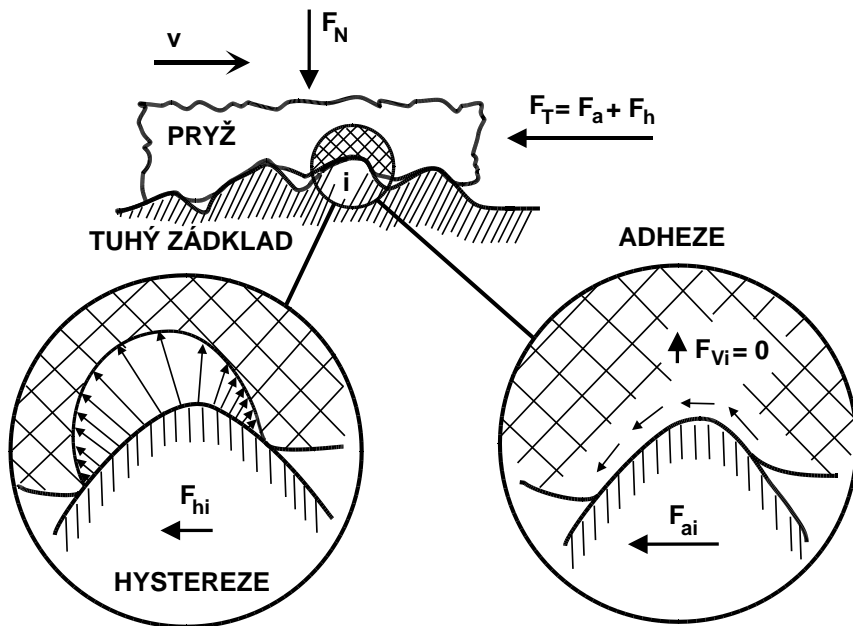
- Výpočet normálové síly F_N
 - $F_N =$ aerodynamická odporová síla + přítlačná síla raménka



Modely tření mezi pryží a sklem

□ Modely s nelineárním třením $f = f(v)$

□ Teorie tření pryže: $F_T = F_a + F_h$





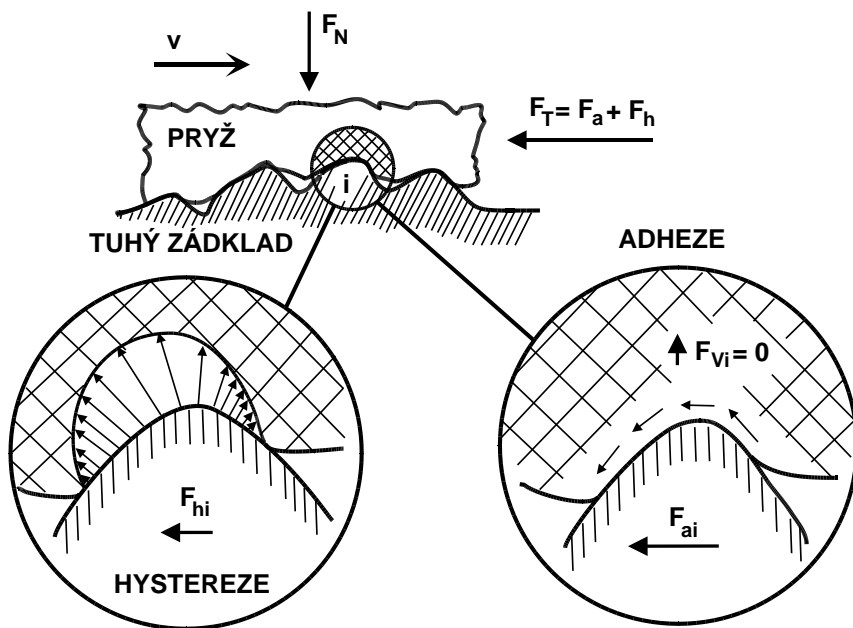
Modely tření mezi pryží a sklem

□ Modely s nelineárním třením $f = f(v)$

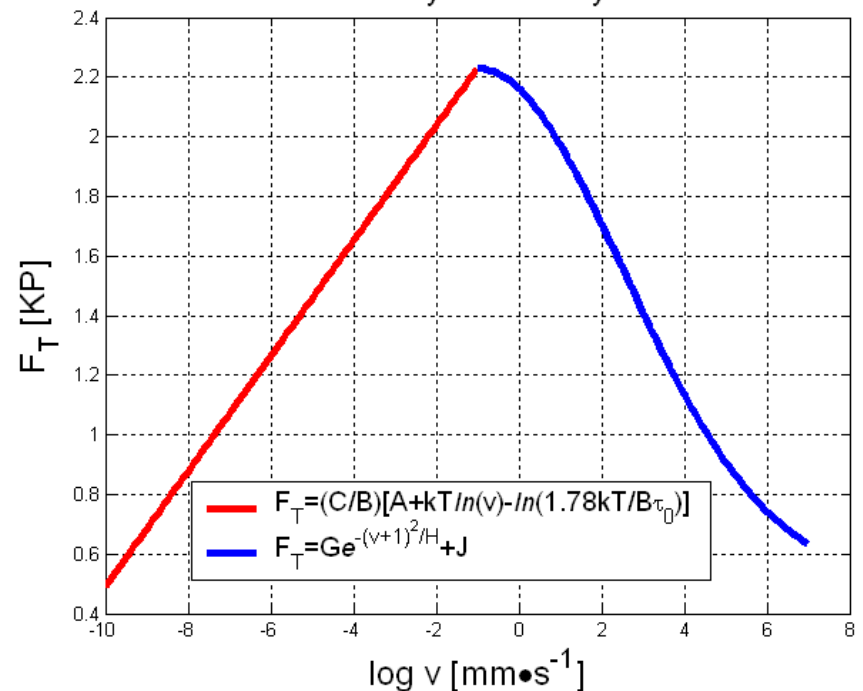
□ Teorie tření pryže: $F_T = F_a + F_h$

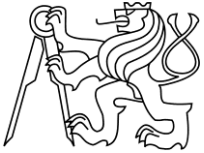
□ Teorie mechanického modelu

□ Voigtův-Prandtlův model



Zavislost sily trení na rychlosti





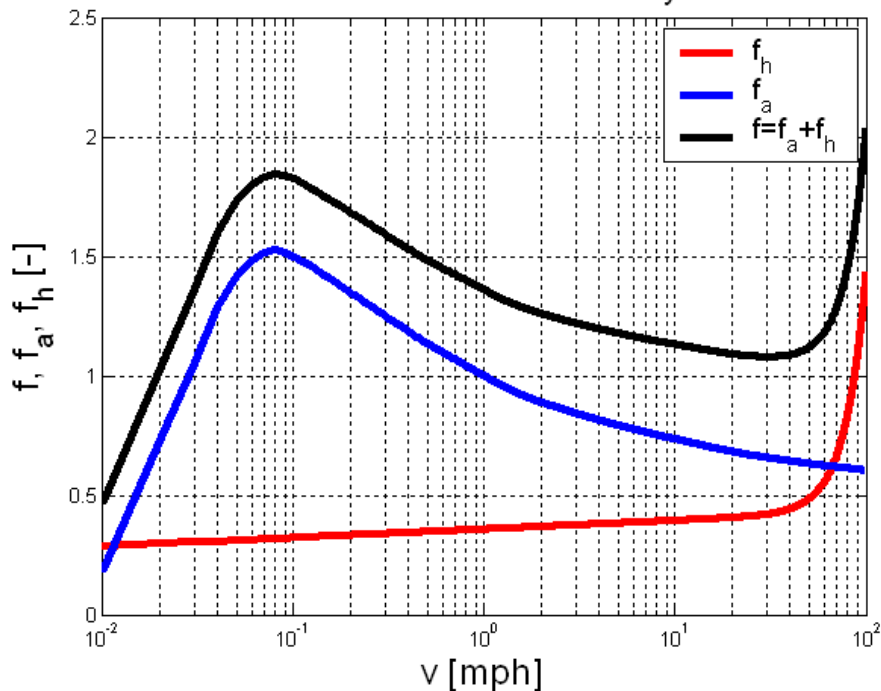
Modely tření mezi pryží a sklem

☐ Sjednocená teorie tření

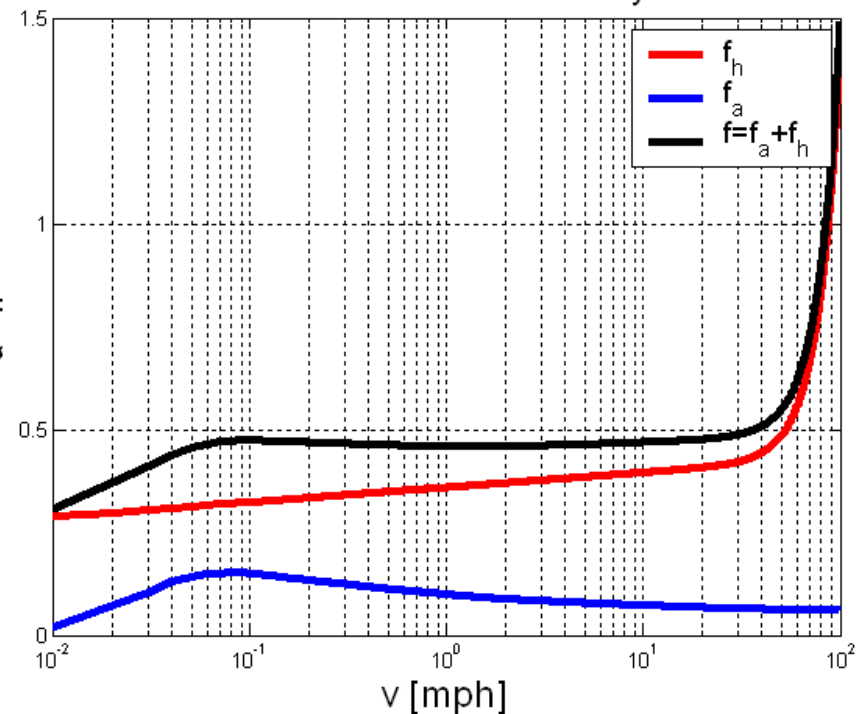
☐ Suché sklo

☐ Mokrý sklo

Zavislost součinitele treni na rychlosti



Zavislost součinitele treni na rychlosti





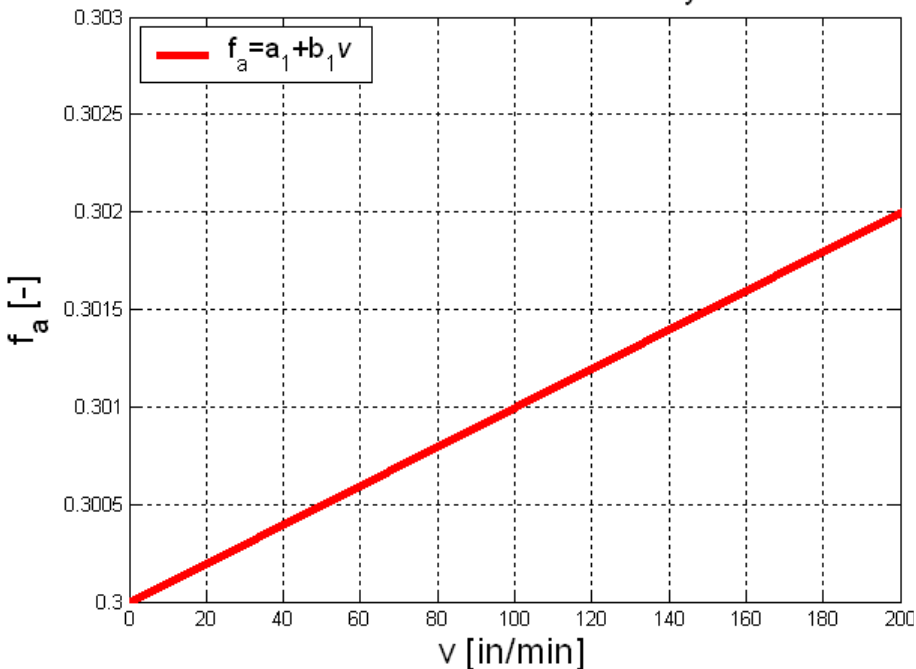
Modely tření mezi pryží a sklem

□ Závislosti získané z experimentálních dat

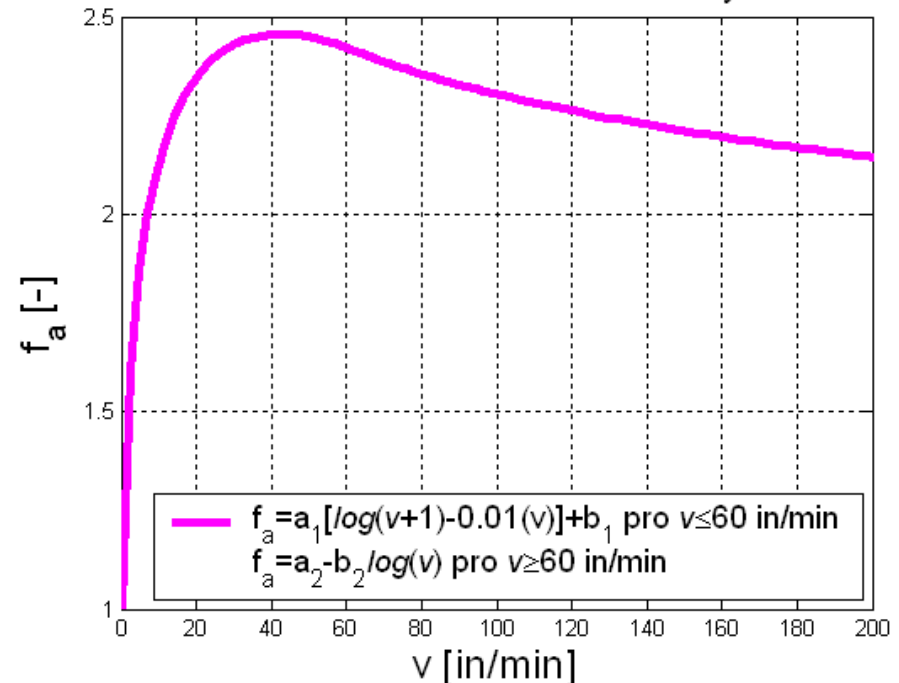
□ Suché sklo

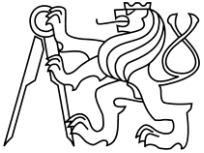
□ Mokrý sklo

Zavislost součinitele trení na rychlosti



Zavislost součinitele adheze na rychlosti

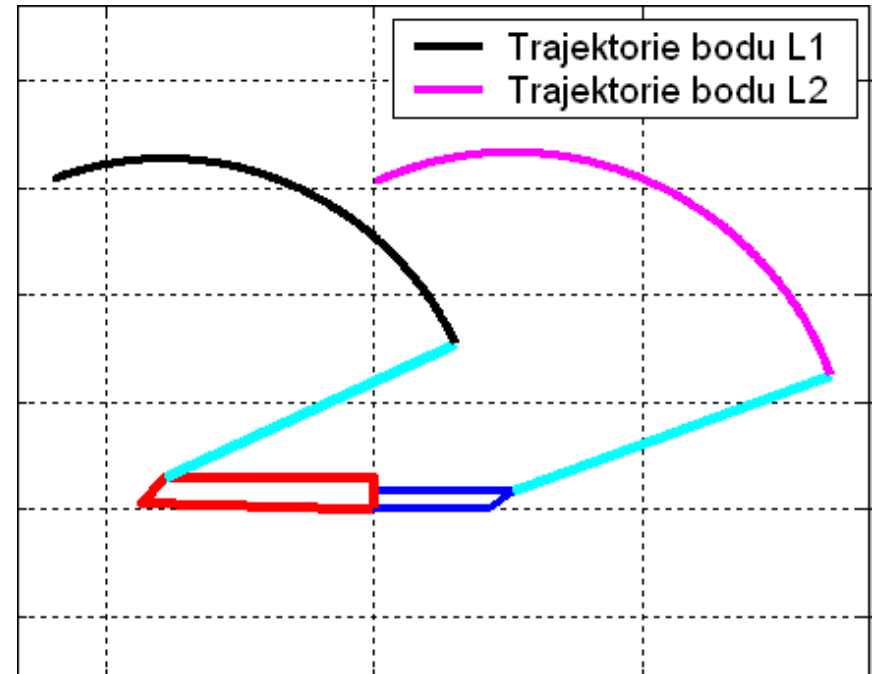
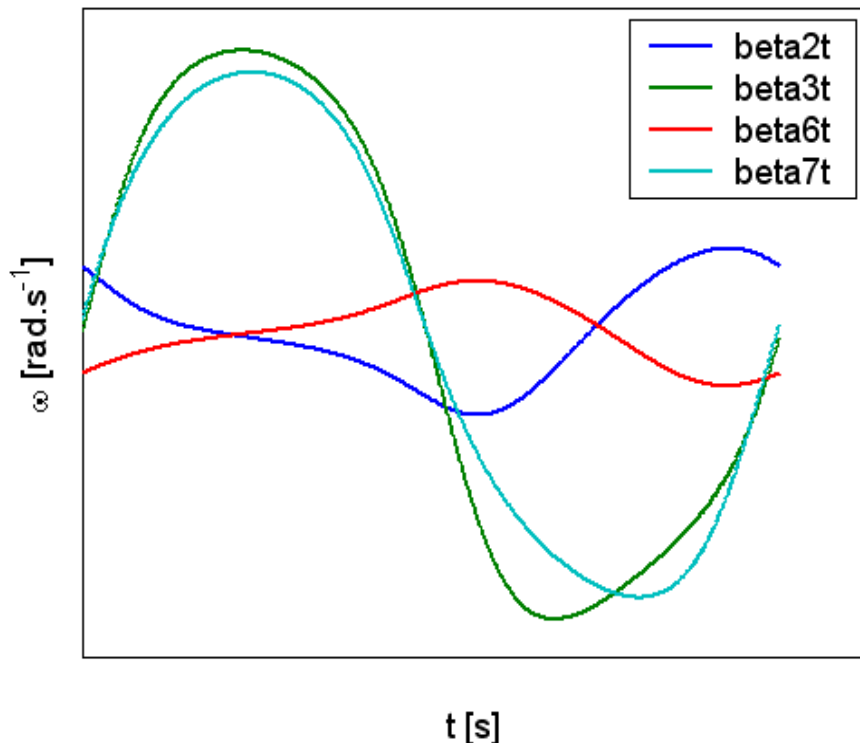


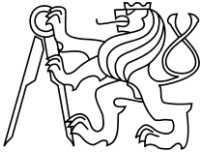


Výsledky simulací

- Program v prostředí MATLABu
- Kinematický model

Zavise rychlosti





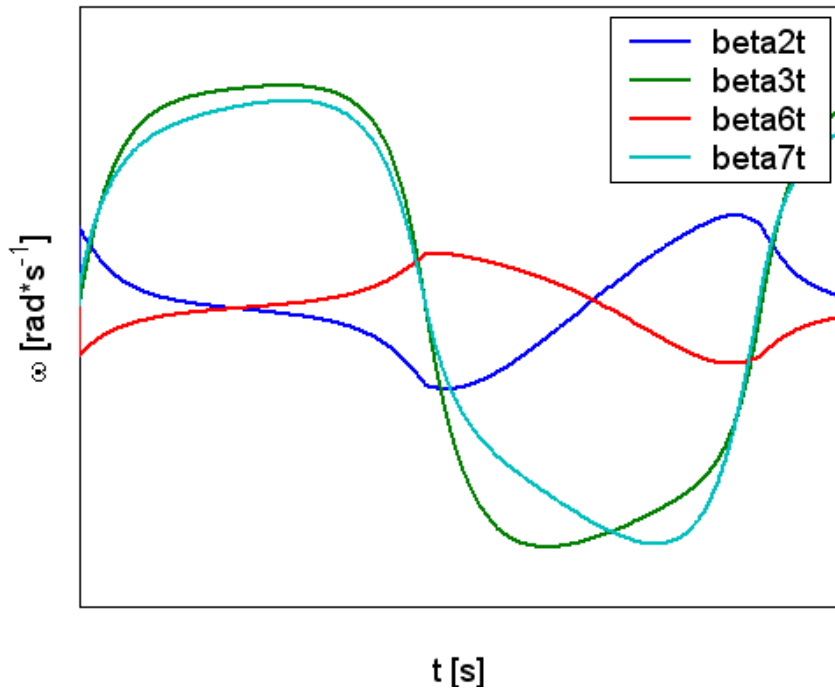
Výsledky simulací

Dynamický model

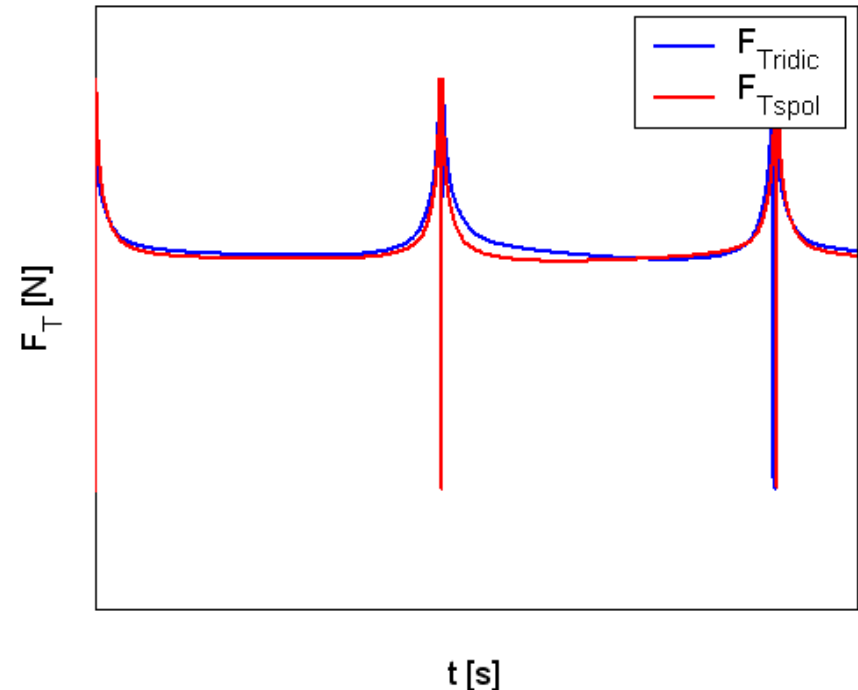
Ukázka pro \Rightarrow

Typ	Rychlost stírání	Stav skla	Model tření	Rychlost auta [$km \cdot h^{-1}$]
klasický	n_1	suché	Sjednocená teorie	$v_a = 120$

Zavisle rychlosti jako funkce času



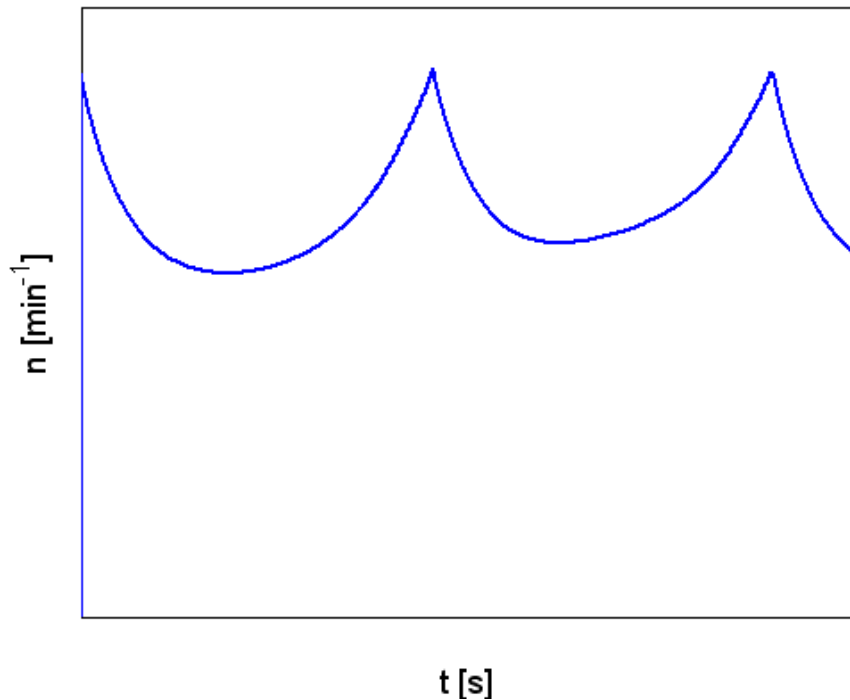
Prubeh treci sily



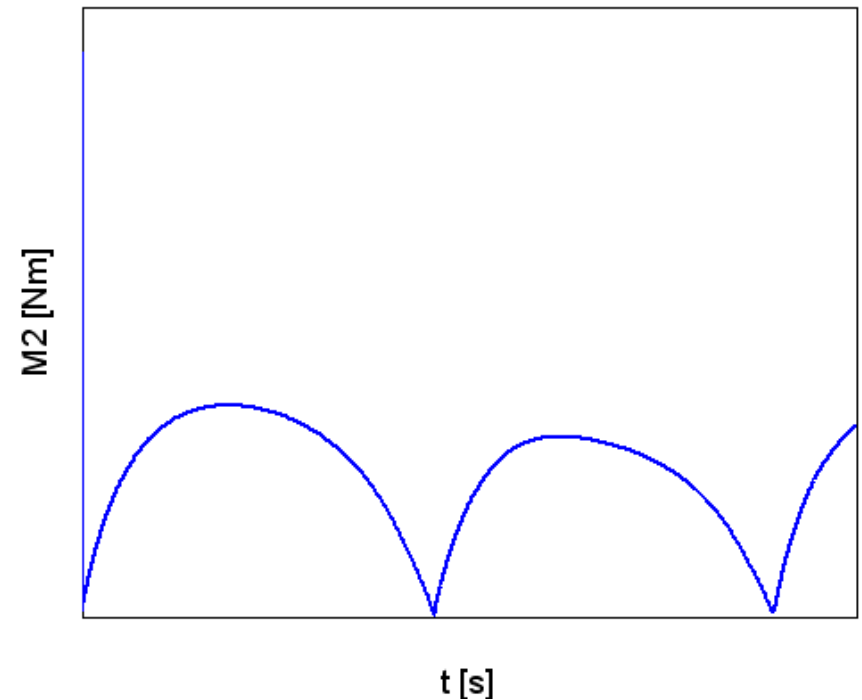


Výsledky simulací

Zavislost otacek hnaciho clenu na case

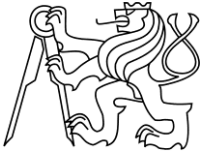


Prubeh momentu hnaciho clenu



Diskuse výsledků

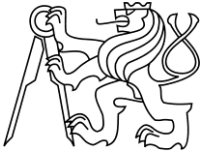
- Suché x polosuché x mokré sklo



Závěr

Výsledky práce

- Matematický model mechanismu stěrače s různými modely tření mezi pryží stíratka a čelním sklem automobilu



Závěr

Výsledky práce

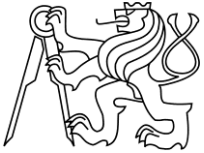
- Matematický model mechanismu stěrače s různými modely tření mezi pryží stíratka a čelním sklem automobilu
- Simulace pohybu mechanismu při různých provozních podmínkách



Závěr

Výsledky práce

- Matematický model mechanismu stěrače s různými modely tření mezi pryží stíratka a čelním sklem automobilu
- Simulace pohybu mechanismu při různých provozních podmínkách \Rightarrow určení zátěže elektromotoru



Závěr

Výsledky práce

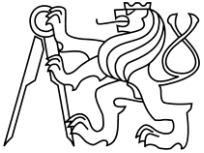
- Matematický model mechanismu stěrače s různými modely tření mezi pryží stíratka a čelním sklem automobilu
- Simulace pohybu mechanismu při různých provozních podmínkách \Rightarrow určení zátěže elektromotoru
- Snadno ovladatelný výpočtový program



Závěr

□ Výsledky práce

- Matematický model mechanismu stěrače s různými modely tření mezi pryží stíratka a čelním sklem automobilu
- Simulace pohybu mechanismu při různých provozních podmínkách \Rightarrow určení zátěže elektromotoru
- Snadno ovladatelný výpočtový program \Rightarrow jednoduché změny v nastavení parametrů výpočtu



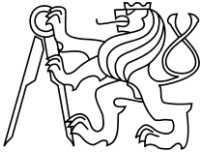
Závěr

Výsledky práce

- Matematický model mechanismu stěrače s různými modely tření mezi pryží stíratka a čelním sklem automobilu
- Simulace pohybu mechanismu při různých provozních podmínkách \Rightarrow určení zátěže elektromotoru
- Snadno ovladatelný výpočtový program \Rightarrow jednoduché změny v nastavení parametrů výpočtu

Námět další práce

- Návrh nové metody měření na soustavě za reálného nebo experimentálního provozu



Závěr

Výsledky práce

- Matematický model mechanismu stěrače s různými modely tření mezi pryží stírátka a čelním sklem automobilu
- Simulace pohybu mechanismu při různých provozních podmínkách \Rightarrow určení zátěže elektromotoru
- Snadno ovladatelný výpočtový program \Rightarrow jednoduché změny v nastavení parametrů výpočtu

Námět další práce

- Návrh nové metody měření na soustavě za reálného nebo experimentálního provozu
- Další studium problematiky tření



Závěr

□ Výsledky práce

- Matematický model mechanismu stěrače s různými modely tření mezi pryží stírátka a čelním sklem automobilu
- Simulace pohybu mechanismu při různých provozních podmínkách \Rightarrow určení zátěže elektromotoru
- Snadno ovladatelný výpočtový program \Rightarrow jednoduché změny v nastavení parametrů výpočtu

□ Námět další práce

- Návrh nové metody měření na soustavě za reálného nebo experimentálního provozu
- Další studium problematiky tření \Rightarrow zpřesnění simulačních modelů.



Seznam literatury

- [1] Valášek M., Bauma V., Šika Z.: Mechanika B. Vydavatelství ČVUT, Praha 2004.
- [2] Stejskal V., Brousil J., Stejskal S.: Mechanika III. Vydavatelství ČVUT, Praha 1997.
- [3] Lederer P.: Teorie a optimalizace mechanických systémů I a II. Vydavatelství ČVUT, Praha 1988.
- [4] Zaplatílek K., Doňar B.: MATLAB – tvorba uživatelských aplikací. BEN – technická literatura, Praha 2004.
- [5] Nožička J.: Mechanika tekutin. Vydavatelství ČVUT, Praha 2004.
- [6] Moore D.F.: The Friction and Lubrication of Elastomers. Pergamon Press, Oxford 1972.
- [7] Kummer H.W.: Unified Theory of Rubber and Tire Friction. The Pennsylvania State University 1966.
- [8] Smith R.H.: Analyzing Friction in the Design of Rubber Products and Their Paired Surfaces. CRC Press, Boca Raton 2008.
- [9] Firemní literatura PAL