

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

**Aplikácia simulačných nástrojov v modelovaní a riadení
podaktuovaných mechanických systémov
(Príloha D – Tutoriál k modelovaniu v SimMechanics)
Bakalárska práca**

2016

Peter Gažík

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Aplikácia simulačných nástrojov v modelovaní a riadení
podaktuovaných mechanických systémov
(Príloha D – Tutoriál k modelovaniu v SimMechanics)
Bakalárska práca

Študijný program: Inteligentné systémy
Študijný odbor: Kybernetika
Školiace pracovisko: Katedra kybernetiky a umelej inteligencie
Školiteľ: Ing. Slávka Jadlovská, PhD.

2016 Košice

Peter Gažík

Obsah

| | |
|--|----|
| Zoznam obrázkov | 4 |
| Úvod..... | 5 |
| 1. Modelovanie v MATLAB SimMechanics | 6 |
| 2. Modelovanie jednoduchého kyvadla | 11 |
| Záver..... | 15 |

Zoznam obrázkov

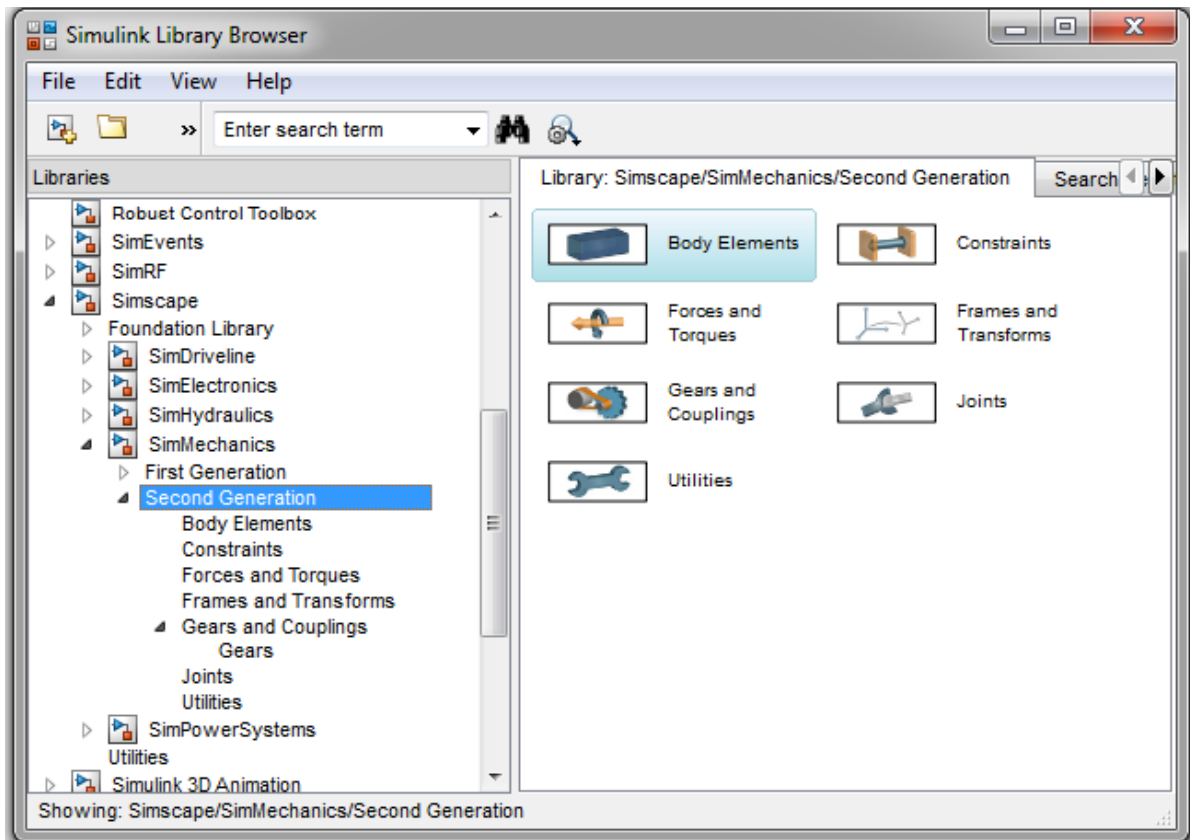
| | |
|---|----|
| Obr. 1 Výber SimMechanics z knižníc Simulinku..... | 6 |
| Obr. 2 Možnosti bloku Solid | 7 |
| Obr. 3 Typy väzieb..... | 9 |
| Obr. 4 Nastavenia bloku Prismatic..... | 10 |
| Obr. 5 Prvý krok pri modelovaní mechanických systémov | 11 |
| Obr. 6 Vytvorenie základne | 11 |
| Obr. 7 Bloky pre rameno..... | 12 |
| Obr. 8 Parametre blokov ramena..... | 12 |
| Obr. 9 Maska subsystému..... | 13 |
| Obr. 10 Bloková schéma jednoduchého ramena..... | 14 |
| Obr. 11 Parametre subsystému rameno..... | 14 |
| Obr. 12 Vizualizácia jednoduchého kyvadla..... | 14 |

Úvod

V tomto tutoriále stručne opíšem základné bloky prostredia SimMechanics, ktoré je integrované v MATLAB/Simulink. SimMechanics umožňuje modelovať systémy na základe ich kinematickej štruktúry. Jeho výhodou je že z výsledného modelu automaticky zostaví pohybové rovnice a vytvorí vizualizáciu dynamiky modelu. Pretože je súčasťou Simulinku umožňuje to na výsledný model navrhovať a testovať rôzne riadiace štruktúry. V druhej kapitole opisujem kroky, ktoré je nutné vykonať pri modelovaní jednoduchého kyvadla.

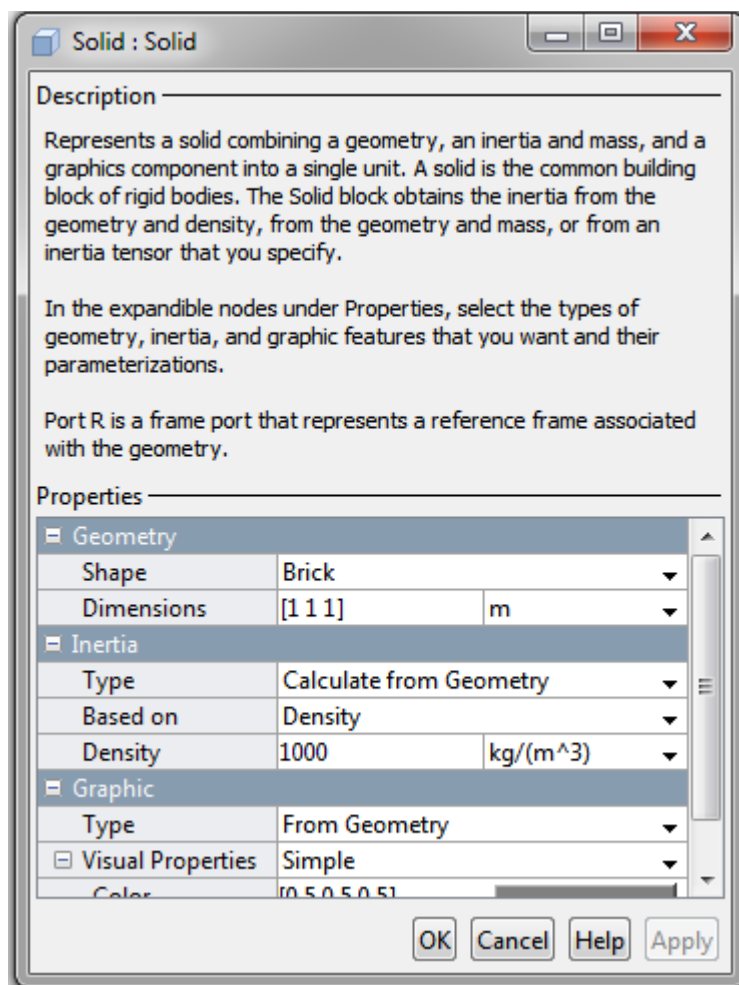
1. Modelovanie v MATLAB SimMechanics

V hlavnom okne MATLABU je potrebné zadať príkaz simulink, ktorý spustí rozšírenie MATLABU Simulink. V Simulinku vytvoríme nový model kliknutím na File → New → Model, alebo použitím klávesovej skratky Ctrl+N. Z knižníc Simulinku otvoríme Simscape → SimMechanics → Second Generation ako je vidieť na Obr. 1. V tejto knižnici sa nachádzajú podknižnice Body Elements, Constrains, Forces and Torques, Frames and Transforms, Gears and Couplings, Joints a Utilities.



Obr. 1 Výber SimMechanics z knižníc Simulinku

V **Body Elements** sú tri bloky. Prvým je *Graphic* pomocou ktorého môžeme definovať tvar a farbu telesa. Druhým blokom je *Inertia*, ktorým definujeme hmotnosť a zotrvačnosť telesa ako aj umiestnenie hmotného bodu. Tretí blok *Solid* zahrňuje funkcionality blokov *Graphic* a *Inertia*.



Obr. 2 Možnosti bloku Solid

Ako možno vidieť na obrázku Obr. 2 v časti Geometry môžeme vybrať tvar z rozbaľovacieho menu *Shape*. Vybrať môžeme valec, kde definujeme jeho polomer a dĺžku - *Cylinder*, guľu, kde definujeme polomer - *Sphere*, kváder, kde definujeme jeho šírku, dĺžku a výšku - *Brick*, elipsoid, kde definujeme jeho rozmery v troch osiach - *Ellipsoid*, extrudovaný pravidelný mnohoúhelník, kde zadávame počet strán, priemer a dĺžku - *Regular Extrusion*, extrudovaný mnohoúhelník, kde definujeme súradnice vrcholov podstavy a dĺžku extrudovania - *General Extrusion*, rotačné teleso, kde definujeme súradnice vrcholov rovinného telesa a uhol o ktorý je rovinný útvar zrotovaný okolo osi - *Revolution* a možnosť načítať tvar zo súboru - *From File*.

V časti *Inertia* sa definuje hmotnosť a zotrvačnosť telesa. Prvou možnosťou je *Calculate from Geometry*, ktorá môže byť založená na zadanej hmotnosti *Based on Mass*, kde zadáme hmotnosť telesa a program vypočíta zotrvačnosť telesa, alebo môže počítať zotrvačnosť telesa na základe zadanej hustoty telesa – *Based on Density*. Ďalšou možnosťou je definovanie pomocou hmotného bodu – *Point Mass*, kde zadáme hmotnosť telesa a program sám určí polohu hmotného bodu na základe geometrických rozmerov telesa. Poslednou možnosťou je vlastné definovanie – *Custom*,

pomocou ktorého sami nastavíme hmotnosť telesa, polohu hmotného bodu, moment zotrvačnosti v troch osiach.

V časti *Graphic* vyberieme spôsob zobrazenia telesa podľa geometrických rozmerov – *From Geometry*, ako znázornenie hmotného bodu – *Marker*, alebo bez zobrazenia - *None*. Ďalšie možnosti sú pre nastavenie farby, priehľadnosti a ďalších vizuálnych efektov.

V podknižnici **Constraints** sú bloky *Angle Constraint*, ktorým môžeme určiť uhol medzi z-osami dvoch telies a *Distance Constraint*, ktorým môžeme zadať vzdialenosť medzi dvoma telesami.

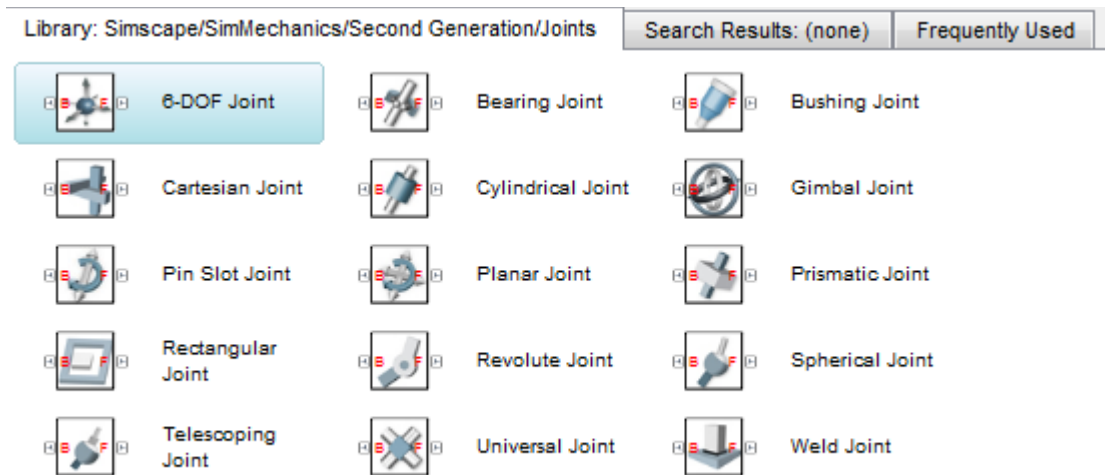
Forces and Torques zahŕňa bloky *External Force and Torque*, tento blok pôsobí na teleso externou silou alebo momentom, *Internal Force, Spring and Damper Force*, ktorý predstavuje silu pružiny a tlmenia a *Inverse square Law Force*.

K **Frames and Transforms** patria štyri bloky. Blok *Rigid Transform* definuje fixnú väzbu medzi dvoma telesami. Pomocou tohto bloku môžeme vytvoriť rotáciu, alebo translačný posun. Pri rotácii sú na výber tri metódy. Prvou je metóda *Aligned Axes*, kde definujeme dva páry osí medzi dvoma telesami medzi ktorými chceme vykonať rotáciu. Ďalšou metódou je *Standard Axis*, kde určíme smer osi okolo ktorej sa uskutoční rotácia a uhol rotácie. Poslednou možnosťou je *Arbitrary Axis*, kde definujeme veľkosť uhla a osi okolo ktorých ma byť vykonané rotácia.

Pri translačnom posune máme taktiež k dispozícii tri metódy. Prvou je *Cartesian*, kde definujeme posunutie v smere každej osi. ďalšou metódou je *Standard Axis*, kde vyberieme smer jednej osi a zadáme veľkosť posunutia v rámci tohto smeru. Poslednou metódou je *Cylindrical*, kde zadávame polomer, uhol a odsadenie v smere osi Z.

Veľmi dôležitým blokom z tejto podknižnice je *World Frame*, ktorým definujeme pevnú referenčnú polohu. Tento blok sa musí nachádzať v každej zapojenej schéme. Pomocou bloku *Reference Frame* môžeme určiť pomocnú referenciu.

V **Gears and Couplings** sa nachádzajú bloky ozubených kolies.



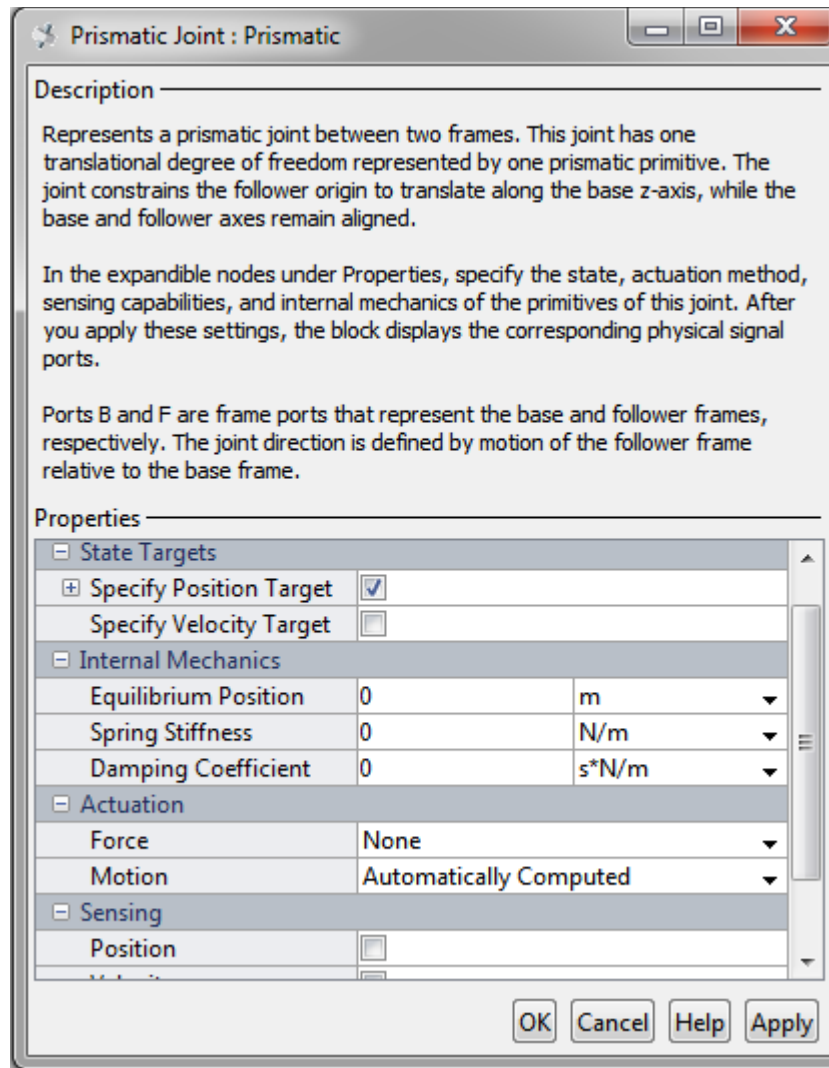
Obr. 3 Typy väzieb

Ako môžeme vidieť na Obr. 3 v podknižnici **Joints** sa nachádza 15 blokov kĺbov. Pri modelovaní jednoduchší modelov nám postačí posuvná väzba *Prismatic Joint* a rotačná väzba *Revolute Joint*.

Pri blokoch väzieb – *Joints* určujeme nastavenia v štyroch celkoch, ktoré sú zobrazené Obr. 4 *Nastavenia bloku Prismatic*. Prvým celkom je nastavenie počiatočných hodnôt – *State Targets*. Môžeme definovať počiatočné hodnoty pozície a rýchlosti a určiť prioritu týchto hodnôt. Druhým celkom je *Internal Mechanics* v ktorom zadávame rovnovážnu polohu kĺba *Equilibrium Position*, tuhosť pružiny *Spring Stiffness* a koeficient tlmenia *Damping Coefficient*. Tretím celkom je nastavenie pôsobenia sily na kĺb – *Actuation*. Sila ktorá pôsobí na kĺb môže byť privádzaná zo vstupu – *Provided by Input*, automaticky vypočítaná – *Automatically Computed*, alebo žiadna – *None*. Pohyb ktorý vyvolá pôsobiaca sila môže byť vypočítany automaticky – *Automatically Computed*, alebo definovaný vstupom - *Provided by Input*. Posledným celkom *Sensing* sa určuje či požadujeme sledovanie fyzikálnych veličín v kĺbe ako je poloha, rýchlosť, zrýchlenie a pôsobiaca sila. Na privedenie sily pomocou vstupu je potrebné použiť blok *Simulink-PS Converter*, ktorý umožňuje privádzať informácie zo Simulinku do Simmechanics. Naopak pre zobrazenie priebehu fyzikálnej veličiny kĺbu pomocou bloku *Scope* je potrebné použiť blok *PS-Simulink Converter*, ktorý sa nachádza v knižnici Simscape → Utilities.

Poslednou podknižnicou Simscape → SimMechanics → Second Generation je **Utilities** v ktorej sa nachádza blok *Mechanism Configuration*, ktorým definujeme gravitačné pôsobenie Zeme.

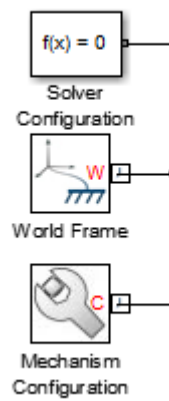
Pri blokoch Transforms a Joints je dôležité správne pripojenie telies. Písmeno B označuje napojenie na vzťažné teleso – Base a písmeno F označuje napojenie na teleso, ktoré sa vzťahuje na vzťažné teleso – Follower Frames.



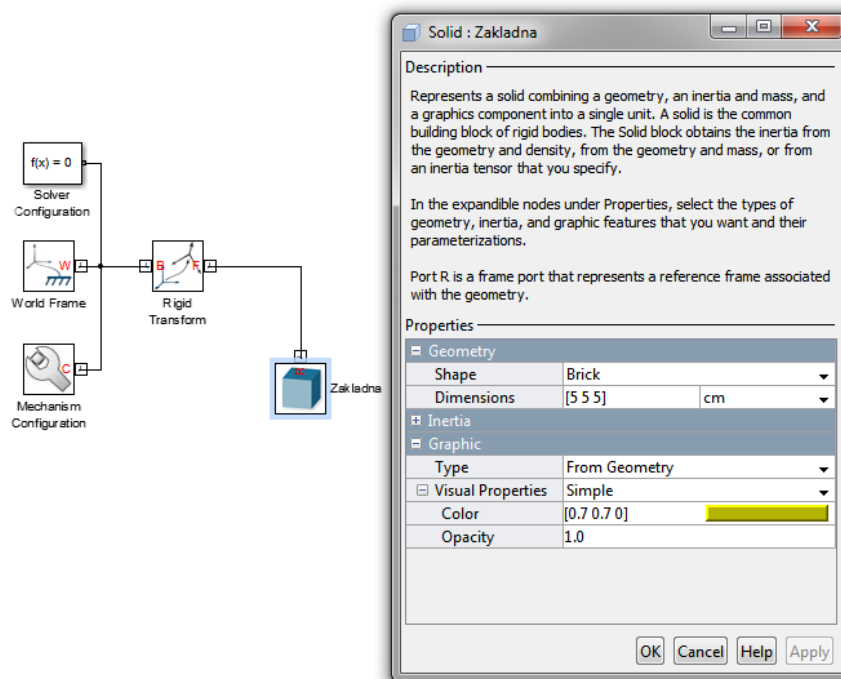
Obr. 4 Nastavenia bloku Prismatic

2. Modelovanie jednoduchého kyvadla

Prvým krokom po vytvorení nového modelu je vloženie troch základných blokov bez ktorých by nebolo možné spustiť simuláciu. Sú to bloky na Obr. 5. *Solver Configuration*, ktorý sa nachádza v Simscape → Utilities a definuje parametre potrebné pre výpočet. Blok *World Frame*, ktorý predstavuje pevnú referenciu a blok *Mechanism Configuration* v ktorom sa definuje gravitačné zrýchlenie v tvare [0 0 -9.80665]. Bloky môžeme otočiť o 90 stupňov v smere hodinových ručičiek ak klikneme ľavým tlačidlom myši na blok a použijeme klávesovú kombináciu Ctrl+R a v protismere hodinových ručičiek skratkou Ctrl+Shift+R. Bloky navzájom prepojíme.



Obr. 5 Prvý krok pri modelovaní mechanických systémov

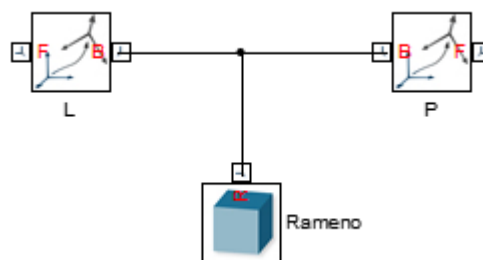


Obr. 6 Vytvorenie základne

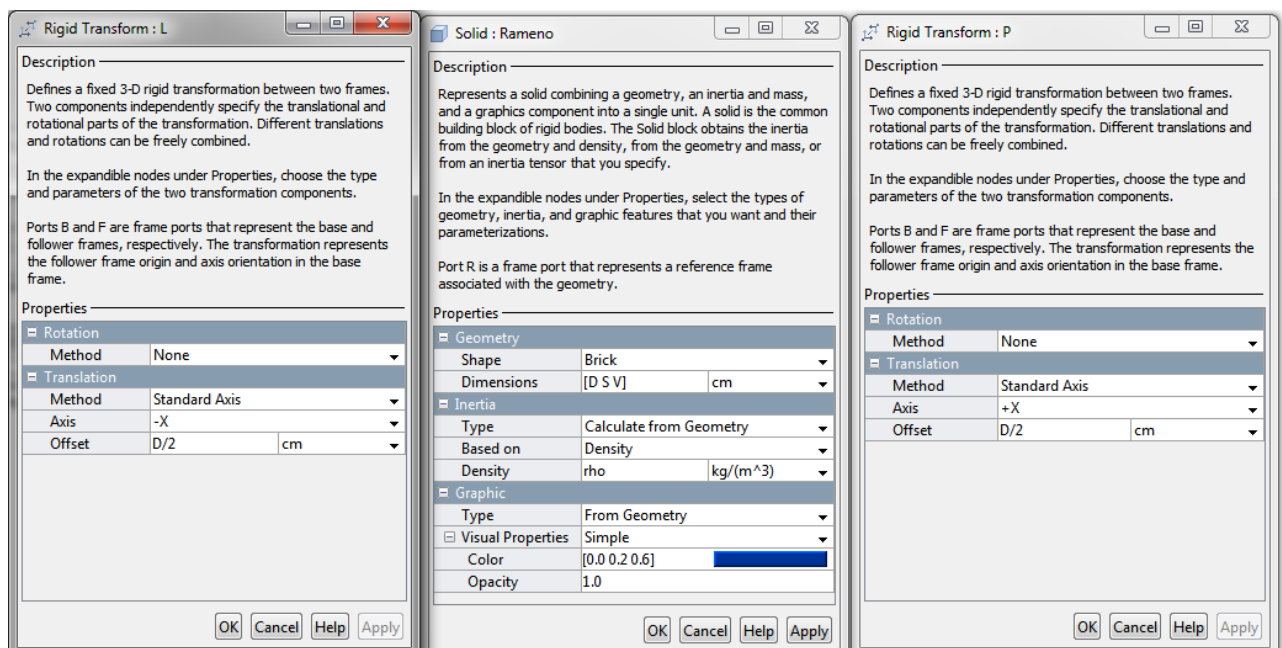
Blok transformácie *Rigid Transform* zabezpečuje rotáciu celej sústavy. V nastaveniach rotácie vyberieme metódu *Standard Axis* zvolíme smer osi +X a 90 stupňov.

Ďalej vložíme blok *Solid*. Dvojklikom si otvoríme nastavenia parametrov. Tvar ponecháme *Brick*, jednotky rozmeru prepneme na cm a dĺžky strany definujeme ako [5 5 5]. V nastaveniach grafiky definujeme farbu napríklad ako [0.7 0.7 0]. S *World Frame* spojíme blok *Rigid Transform* a k nemu pripojíme blok *Solid*, ktorý bude predstavovať základňu s pevnou polohou.

Následne vytvoríme rameno pre ktoré budeme potrebovať bloky *Solid* a dvakrát blok *Rigid Transform*. Na blok *Rigid Transform*, ktorý sa nachádza na ľavej strane od Ramena klikneme ľavým tlačidlom myši a stlačíme klávesovú kombináciu Ctrl+I. Táto klávesová kombinácia vykoná obrátenie bloku okolo zvislej osi. Spojíme výstupy blokov *Rigid Transform*, ktoré sú označené B s blokom Ramena. B je z Base, čiže tento výstup definuje vzťažný bod od ktorého sa vykoná transformácia. Blok naľavo od ramena označíme L a blok napravo od ramena označíme P.



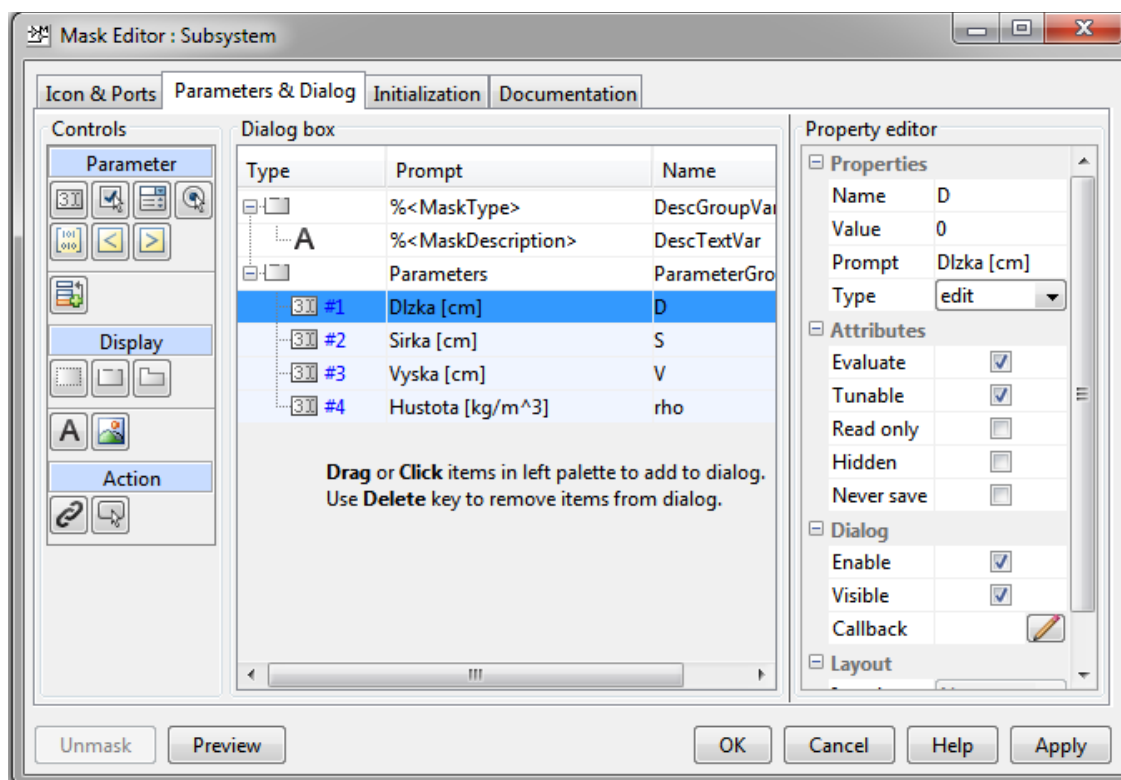
Obr. 7 Bloky pre rameno



Obr. 8 Parametre blokov ramena

Rozmery ramena zadáme ako premenné [D S V] kde D - dĺžka S - šírka a V – výška. Hustotu definujeme ako premennú rho a farbu napríklad [0 0.2 0.6]. Blok *Rigid Transform L* definuje translačné posunie v smere osi $-X$ o vzdialenosť $D/2$ v [cm]. Blok *Rigid Transform P* definuje translačné posunie v smere osi X o vzdialenosť $D/2$ v [cm] ako môžeme vidieť na Obr. 8.

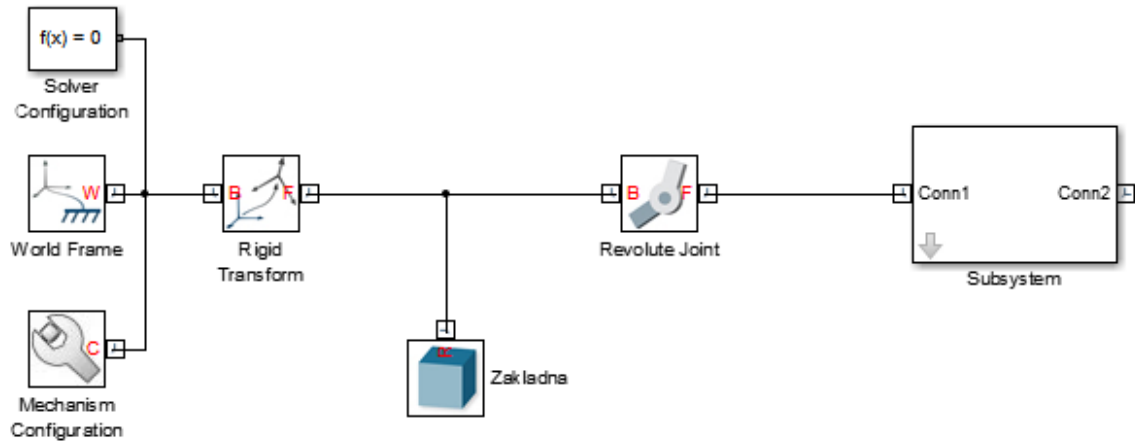
Myškou si označíme tieto bloky a použijem klávesovú kombináciu Ctrl+G čím vytvoríme subsystém. Subsystému pridáme masku kliknutím naň a stlačením kombinácie Ctrl+M. V maske sa prepneme na záložku *Parameters & Dialog* a uvedieme všetky premenné ktoré v subsystéme používame. Subsystém pomenujeme ako rameno.



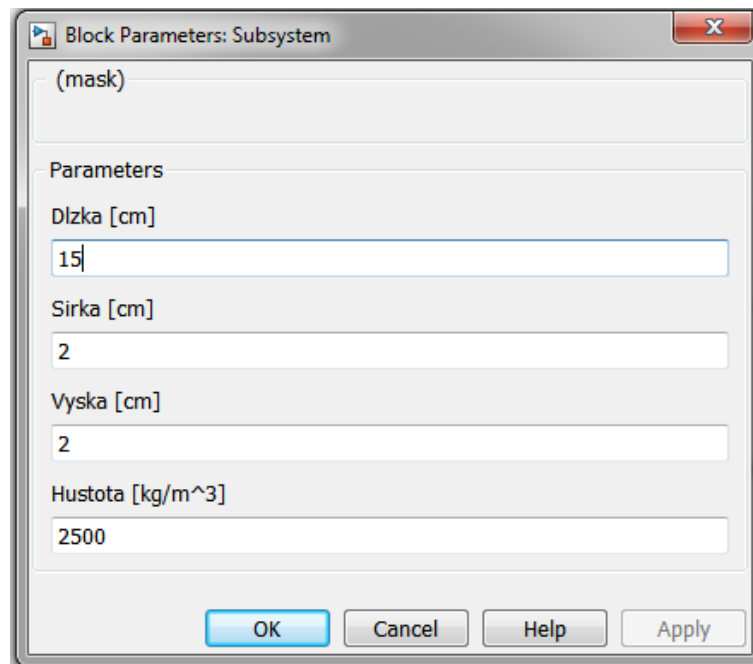
Obr. 9 Maska subsystému

Ďalší krokom je vloženie rotačného spoja *Revolute Joint*. Výstup bloku *Revolute Joint* označený B spojíme zo základňou a druhý výstup s ramenom, čo znamená, že rameno sa kyve okolo základni a nie naopak. Toto zapojené je znázornené na Obr. 10.

Hodnoty masky subsystému rameno môžeme definovať dvojklikom na subsystém. Parametre subsystému sú uvedené na Obr. 11.



Obr. 10 Bloková schéma jednoduchého ramena



Obr. 11 Parametre subsystemu rameno

Simulácia sa spustí po stlačení zeleného tlačidla *Run*. Vizualizácia modelovaného jednoduchého kyvadla je na Obr. 12.



Obr. 12 Vizualizácia jednoduchého kyvadla

Záver

Simulačná knižnica SimMechanics Simulinku poskytuje ďalšiu zaujímavú možnosť ako modelovať a skúmať mechanické systémy. Výsledný simulačný model môžeme použiť pre overenie modelu, ktorý sme získali pomocou inej metódy.