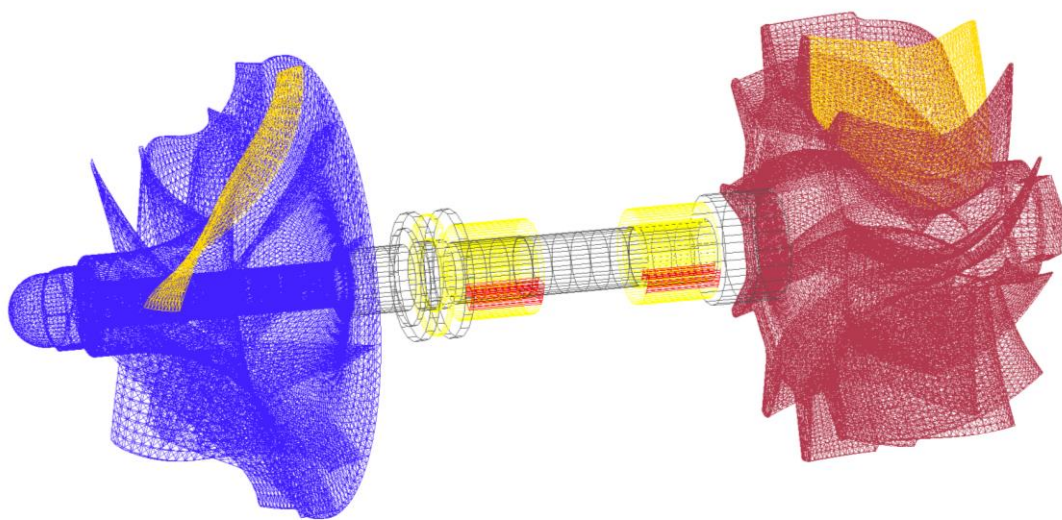




Užívateľský manuál TurboMachinery 1.0

OBSAH

Úvod	4
1 Inštalácia a spustenie	5
2 Popis sprievodcu Wizzard	6
2.1.1 Krok č. 1 – Shaft Model Method	6
2.1.2 Krok č. 2 – Shaft Data	7
2.1.3 Krok č. 3 – Wheels Data	8
2.1.4 Krok č. 4 – Centre Housing	9
2.1.5 Krok č. 5 – Radial Bearings	10
2.1.6 Krok č. 6 – Axial Bearings	14
2.1.7 Krok č. 7 – Test Rig	14
2.1.8 Krok č. 8 – Speed Cycle	15
2.1.9 Krok č. 9 – Thrust Force	17
2.1.10 Krok č. 10 – Completion	17
3 Popis funkcií	19
3.1 Prvok typu Beam	19
3.2 Vázbenie telies pomocou prvkov Dummy	20
3.3 Definícia vlastností oleja	20
Kontakt	22
Zoznam použitých skratiek a symbolov	24

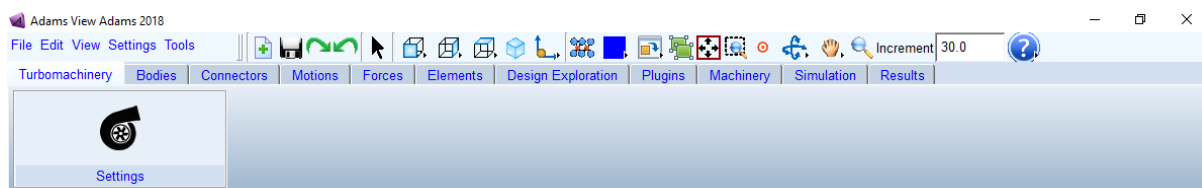
ÚVOD

TurboMachinery 1.0 je plugin pre program Adams/View. Pre správne fungovanie je nutné mať nainštalovaný Adams/View 18.0.0.

1 INŠTALÁCIA A SPUSTENIE

Postup inštalácie:

1. Skopírovať zložku „TC_wizard“ do zložky „C:\MSC.Software\“. Ak zložka „C:\MSC.Software\“ neexistuje, prípadne ak je Adams/View nainštalovaný v inej zložke, je nutné zložku „C:\MSC.Software\“ vytvoriť!
2. Spustiť Adams/View s pracovnou zložkou kde sa nachádza „turbomachinery.cmd“.
3. Spustenie makra „turbomachinery.cmd“ cez File → Import... (F2).
4. V Ribbon paneli sa objaví karta Turbomachinery s ikonou Create Turbocharger.



5. Kliknutie na ikonu  spustí sprievodcu tvorby výpočtového modelu Wizzard.

2 POPIS SPRIEVODCU WIZZARD

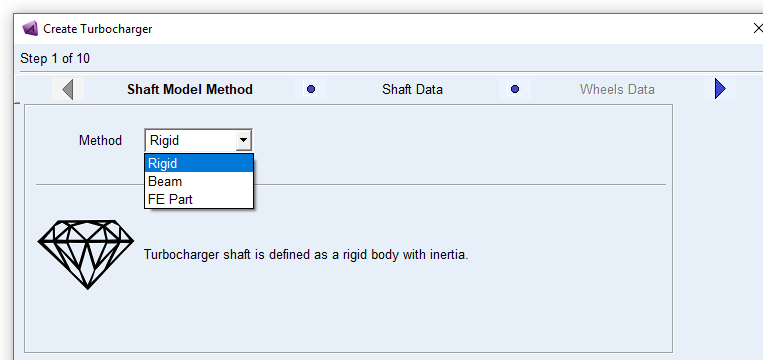
Sprievodca Wizzard tvorby výpočtového modelu obsahuje 10 krokov. Niektoré zobrazenia nastavenia výpočtového modelu v jednotlivých krokoch sú na sebe závislé. Preto zobrazenie možností aktuálneho kroku rešpektuje prechádzajúce voľby.

Spustenie sprievodcu je kliknutím na ikonu  v Ribbon paneli na karte Turbomachinery.

2.1.1 KROK Č. 1 – SHAFT MODEL METHOD

Definícia modelu hriadele turbodúchadla. Na výber sú tri metódy:

- Rigid
- Beam
- FE Part



RIGID

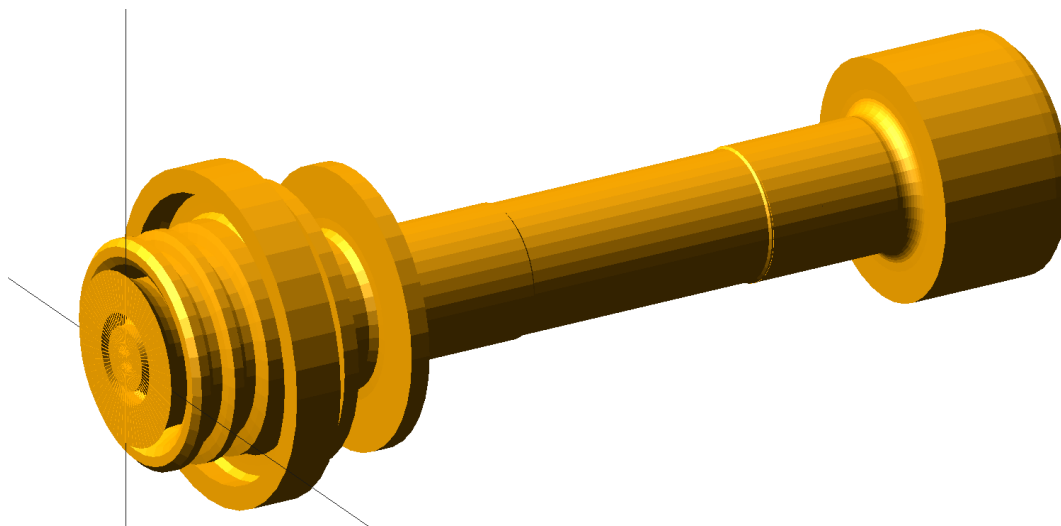
Hriadeľ rotora je definovaný ako Part, ktorý je dokonale tuhý. Dynamické vlastnosti sú definované v kroku č. 2 (podkap. 2.1.2).

BEAM

Hriadeľ rotora je definovaný ako súbor tuhých segmentov, ktoré sú sériovo spojené pomocou flexibilných prvkov Beam (konštitutívne rovnice pre prvok Beam sú uvedené v podkap. 3.1). Definícia materiálu, tlmenia, dĺžky a priemeru jednotlivých segmentov prebieha v kroku č. 2 (podkap. 2.1.2).

FE PART

Hriadeľ rotora je definovaný ako redukované flexibilné teleso (.mnf). Pre aplikáciu tejto voľby je nutné aby flexibilný hriadeľ bol v modeli umiestnený pred pokračovaním vo Wizzard. Poddajný hriadeľ musí byť umiestnený tak, aby stred globálneho súradnicového systému (ground) bol zhodný s polohou bodu spojenia medzi kompresorovým kolesom a hriadeľom.



2.1.2 KROK Č. 2 – SHAFT DATA

V tomto kroku sú definované dodatočné dáta o hriadeľi rotora, na základe voľby spôsobu modelovania rotora v kroku č. 1 (podkap. 2.1.1).

RIGID

Vlastnosti hriadeľa sú definované pomocou celkovej dĺžky a priemeru hriadeľa, hmotnosti, polohy ťažiska voči globálnemu stredu súradnicového systému (ground) a pomocou tenzoru zotrvačnosti. Tenzor zotrvačnosti môže obsahovať aj mimodiagonálne prvky.

The screenshot shows the 'Create Turbocharger' wizard, Step 2 of 10, with the 'Shaft Data' tab selected. The 'Specification' section contains input fields for 'Shaft Length' (0.07452 m) and 'Shaft Diameter' (0.009836 m), accompanied by a diagram of a shaft with a central mass and a pulley. The 'Define Mass by' dropdown is set to 'User Input'. Below it, the 'Mass' is 0.08307 kg, and the 'Center of Gravity Position' is 0.0413 m. A checkbox for 'Off-Diagonal Terms' is present. The inertia tensor components are: $I_{xx} = (5.77E-005 \text{ (kg-m**2)})$, $I_{yy} = (5.77E-005 \text{ (kg-m**2)})$, and $I_{zz} = (3.02E-006 \text{ (kg-m**2)})$. The bottom of the window has '< Back', 'Next >', and 'Close' buttons.

BEAM

Priemer, dĺžka a delenie jednotlivých tuhých segmentov sú zadané pomocou tabuľky. Elasticke vlastnosti Beam prvkov sú vypočítané na základe materiálových konštánt ako hustota, Youngov modul pružnosti, Poissonova konštanta a koeficient tlmenia a pomocou vzťahov uvedených v podkap. 3.1.

Step 2 of 10

Shaft Model Method • **Shaft Data** • Wheels Data

Density (7782.0(kg/meter**3))

Young's Modulus (2.06E+05 (newton/mm**2))

Poisson's Ratio 0.3

Damping Ratio (0.000001 (sec))

Reset Table

Insert Row

Remove Row

	Diameter	Length	Divisions
1	10.969	10.938	3.0
2	16.2	0.852	1.0
3	21.26	1.557	1.0
4	11.35	4.433	2.0
5	21.26	1.51	1.0
6	10.156	12.0	3.0
7	9.836	20.0	6.0
8	10.156	12.0	3.0
9	18.25	11.22	2.0

< Back Next > Close

FE PART

V tomto kroku je nutné zadať uzly rozhrania redukovaného flexibilného telesa pre spojenie s kompresorovým a turbínovým kolesom. Ďalej je nutné vyplniť dĺžku hriadele pre správne umiestnenie turbínového kolesa.

Step 2 of 10

Shaft Model Method • **Shaft Data** • Wheels Data

Specification

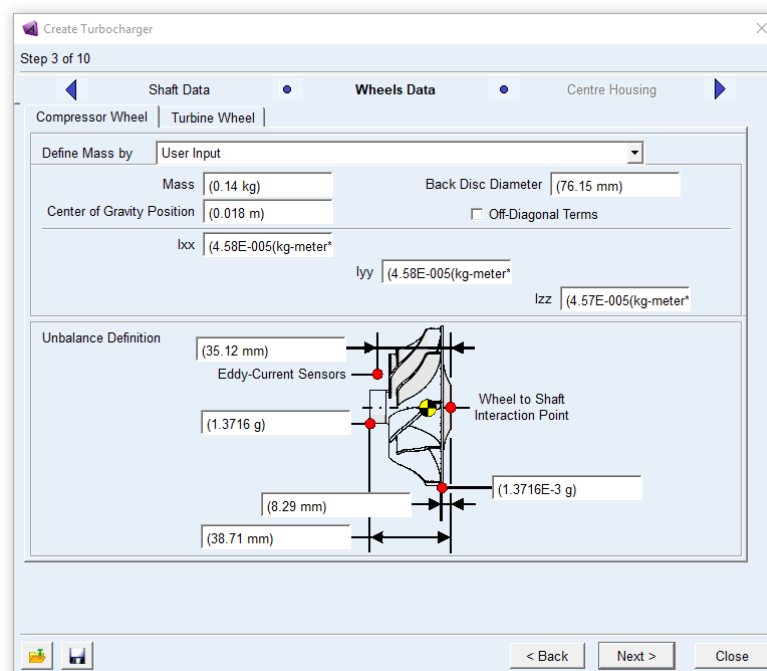
Compressor Wheel Attachment Marker Pick Marker

Turbine Wheel Attachment Marker Pick Marker

(0.07452 m)

2.1.3 KROK Č. 3 – WHEELS DATA

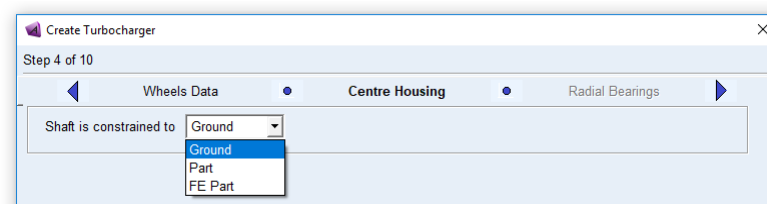
Tento krok pozostáva z definície zotrvačných a geometrických vlastností kompresorového a turbínového kolesa vrátane nevývah. Veľkosť nevývah je uvádzaná v jednotkách HMOTNOSŤ*milimeter. V tomto kroku sa definuje poloha snímačov pre snímanie pohybu nosu hriadele (Eddy-Current Sensors).



2.1.4 KROK Č. 4 – CENTRE HOUSING

Ložisková skriňa turbodúchadla môže byť modelovaná ako:

- Ground
- Part
- FE Part



GROUND

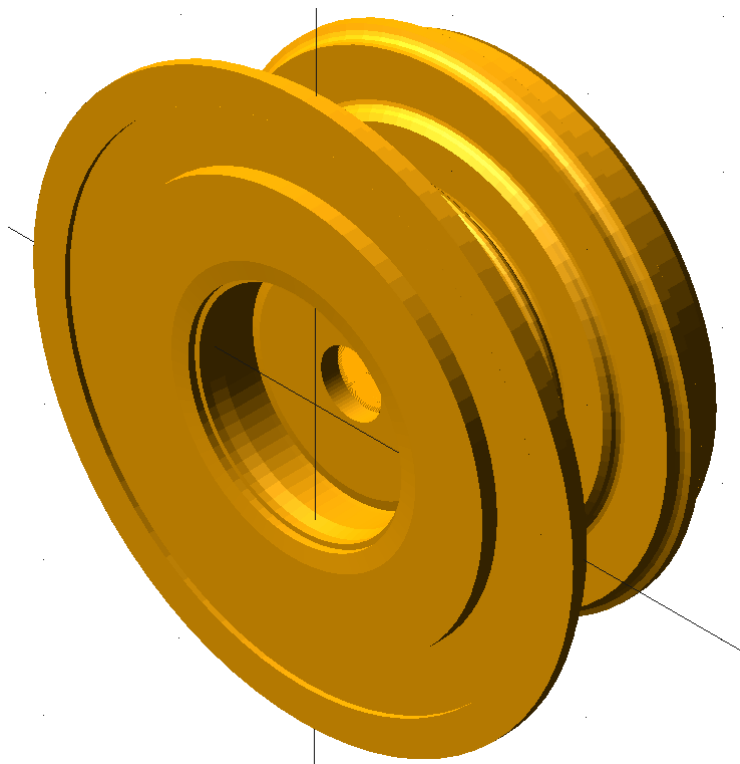
Ložisková skriňa je modelovaná ako základové teleso.

PART

Ložisková skriňa je modelovaná ako dokonale tuhé teleso. Pre aplikáciu tejto voľby je nutné aby ložisková skriňa bola v modeli umiestnená pred pokračovaním vo Wizzard. Ložisková skriňa musí byť umiestnená tak, aby stred globálneho súradnicového systému (ground) bol zhodný s polohou bodu spojenia medzi kompresorovým kolesom a hriadeľom.

FE PART

Ložisková skriňa je modelovaná ako redukované flexibilné teleso. Pre aplikáciu tejto voľby je nutné aby ložisková skriňa bola v modeli umiestnená pred pokračovaním vo Wizzard. Ložisková skriňa musí byť umiestnená tak, aby stred globálneho súradnicového systému (ground) bol zhodný s polohou bodu spojenia medzi kompresorovým kolesom a hriadeľom.



2.1.5 KROK Č. 5 – RADIAL BEARINGS

Počet radiálnych ložisiek môže byť v intervale $<2, 6>$. Pre každé radiálne ložisko je nutné definovať polohu voči globálnemu stredu súradnicového systému (ground). Sú dostupné tri metódy modelovania radiálnych ložisiek:

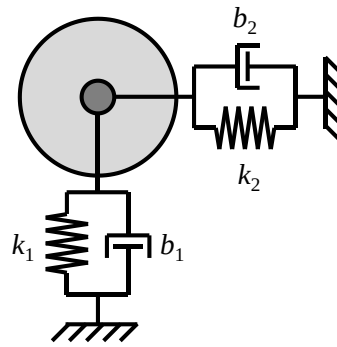
- Ideal Joint
- Stiffness & Damping
- Ocirk

IDEAL JOINT

Radiálne ložisko je modelované pomocou kinematických väzieb – Inplane Joint Primitive. Tie zaručujú nulovú excentricitu radiálneho ložiska.

STIFFNESS & DAMPING

Radiálne ložisko je modelované pomocou dvoch dvojíc tlmič/pružina.



Redukované smerové tuhosti k_1 a k_2 a tlmenia b_1 a b_2 olejovej vrstvy je možné vypočítať na základe riešenia nekonečne krátkeho ložiska ako [1]:

$$k_1 = k_{11} - \frac{k_{12}k_{21}}{k_{22}} \quad (1)$$

$$k_2 = k_{22} - \frac{k_{12}k_{21}}{k_{11}} \quad (2)$$

$$b_1 = b_{11} - \frac{b_{12}b_{21}}{b_{22}} \quad (3)$$

$$b_2 = b_{22} - \frac{b_{12}b_{21}}{b_{11}} \quad (4)$$

pričom:

$$k_{11} = \left[2\pi^2 + (16 - \pi^2)\varepsilon^2 \right] F \quad (5)$$

$$k_{12} = \frac{\pi}{4} \left[\frac{-\pi^2 + 2\pi^2\varepsilon^2 + (16 - \pi^2)\varepsilon^4}{\varepsilon\sqrt{1 - \varepsilon^2}} \right] F \quad (6)$$

$$k_{21} = \frac{\pi}{4} \left[\frac{\pi^2 + (32 + \pi^2)\varepsilon^2 + 2(16 - \pi^2)\varepsilon^4}{\varepsilon\sqrt{1 - \varepsilon^2}} \right] F \quad (7)$$

$$k_{22} = \left[\frac{\pi^2 + (32 + \pi^2)\varepsilon^2 + 2(16 - \pi^2)\varepsilon^4}{1 - \varepsilon^2} \right] F \quad (8)$$

$$b_{11} = \frac{\pi\sqrt{1 - \varepsilon^2}}{2\varepsilon} \left[\pi^2 + 2(\pi^2 - 8)\varepsilon^2 \right] \frac{F}{\omega} \quad (9)$$

$$b_{12} = b_{21} = 2 \left[\pi^2 + 2(\pi^2 - 8)\varepsilon^2 \right] \frac{F}{\omega} \quad (10)$$

$$b_{22} = \frac{\pi}{2} \left[\frac{\pi^2 + 2(24 - \pi^2)\varepsilon^2 + \pi^2\varepsilon^4}{\varepsilon\sqrt{1-\varepsilon^2}} \right] \frac{F}{\omega} \quad (11)$$

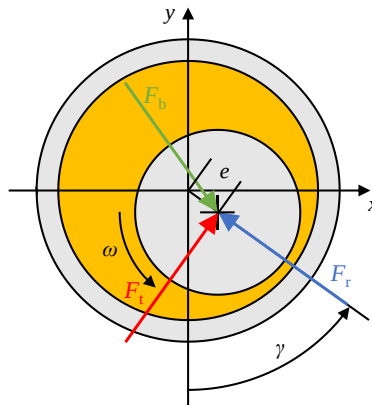
pričom:

$$F = \frac{4}{\left[\pi^2 + (16 - \pi^2)\varepsilon^2 \right]^{3/2}} \frac{F_0}{c} \quad (12)$$

$$F_0 = \frac{\eta\omega L^3}{2R} \left(\frac{R}{c} \right)^2 \left(\frac{\pi\varepsilon}{2(1-\varepsilon^2)^2} \sqrt{1-\varepsilon^2 + \left(\frac{4\varepsilon}{\pi} \right)^2} \right) \quad (13)$$

OCVIRK

Radiálne ložisko je nahradené Gforce s radiálnou zložkou F_r , tangenciálnou zložkou F_t a trecím momentom M_f , ktoré vychádzajú z riešenia Reynoldsovej rovnice nekonečne krátkeho ložiska.



$$F_r = -\frac{\eta}{2} \frac{B^3}{R} \left(\frac{R}{c} \right)^2 \left[\frac{2\varepsilon^2 \left(\omega + \frac{U}{2} - 2\dot{\gamma} \right)}{(1-\varepsilon^2)^2} + \frac{\pi\dot{\varepsilon}(1+2\varepsilon^2)}{(1-\varepsilon^2)^{5/2}} \right] \quad (14)$$

$$F_t = \frac{\eta}{2} \frac{B^3}{R} \left(\frac{R}{c} \right)^2 \left[\frac{\pi\varepsilon \left(\omega + \frac{U}{2} - 2\dot{\gamma} \right)}{2(1-\varepsilon^2)^{3/2}} + \frac{4\varepsilon\dot{\varepsilon}}{(1-\varepsilon^2)^2} \right] \quad (15)$$

$$T_f = \frac{2\pi\eta R^3 B \omega}{c} \quad (16)$$

kde:

$$\varepsilon = \frac{e}{c} \quad (17)$$

$$e = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} \quad (18)$$

$$\gamma = \text{atan2}\left(\frac{u_x}{u_y}\right) \quad (19)$$

$$\dot{\gamma} = \cos^2(\gamma) \frac{u_x v_y - u_y v_x}{u_y^2} \quad (20)$$

$$\dot{\varepsilon} = \frac{v_x \sin \gamma - v_y \cos \gamma}{c} \quad (21)$$

Pre zlepšenie numerických vlastností sú v rovniciach (14) a (15) namiesto excentricity e a zmeny relatívnej excentricity $\dot{\varepsilon}$ použité veličiny $\tilde{e}$ a $\tilde{\dot{\varepsilon}}$. V prípade že $e \geq h_{\text{start}}$ (h_{start} je užívateľom definovaná hodnota), tak:

$$\tilde{e} = e \quad (22)$$

$$\tilde{\dot{\varepsilon}} = \dot{\varepsilon} \quad (23)$$

V opačnom prípade:

$$\tilde{e} = h_{\text{end}} + aw \quad (24)$$

$$\tilde{\dot{\varepsilon}} = s\dot{\varepsilon} \quad (25)$$

pričom:

$$a = h_{\text{start}} - h_{\text{end}} \quad (26)$$

$$w = \frac{1}{1 - z + z^2} \quad (27)$$

$$z = \frac{h - h_{\text{start}}}{a} \quad (28)$$

$$s = (1 - 2z)w^2 \quad (29)$$

Vlastnosti olejovej vrstvy sú definované pomocou tlačidla  (podkap. 3.3).

2.1.6 KROK Č. 6 – AXIAL BEARINGS

Turbodúchadlo musí obsahovať aspoň jedno axiálne ložisko. Pre každé axiálne ložisko je nutné definovať polohu voči globálnemu stredu súradnicového systému (ground). Sú dostupné dve metódy modelovania axiálnych ložisiek:

- Ideal Joint
- Analytical

IDEAL JOINT

Axiálne ložisko je modelované pomocou kinematických väzieb – Inplane Joint Primitive a Parallel Joint Primitive. Tie zaručujú nulovú excentricitu ložiska a nulové natočenie hriadele v mieste axiálneho ložiska.

ANALYTICAL

Analytický výpočet axiálneho ložiska je založený na riešení Reynoldsovej rovnice pre nekonečne krátke ložisko pre nestacionárne prúdenie. Silová interakcia v ložisku je modelovaná pomocou Gforce s normálovou zložkou F_n a s tangenciálnou zložkou F_t [2]:

$$F_n = \frac{LB^2\eta}{h_0^2 K^2} \left(6U + 12\dot{h} \frac{B}{Kh_0} \right) \left(-\ln(K+1) + \frac{2K}{K+2} \right) \quad (30)$$

$$F_t = \frac{LU\eta B}{h_0} \left(\frac{6}{K+2} - \frac{4\ln(K+1)}{K} \right) \quad (31)$$

kde:

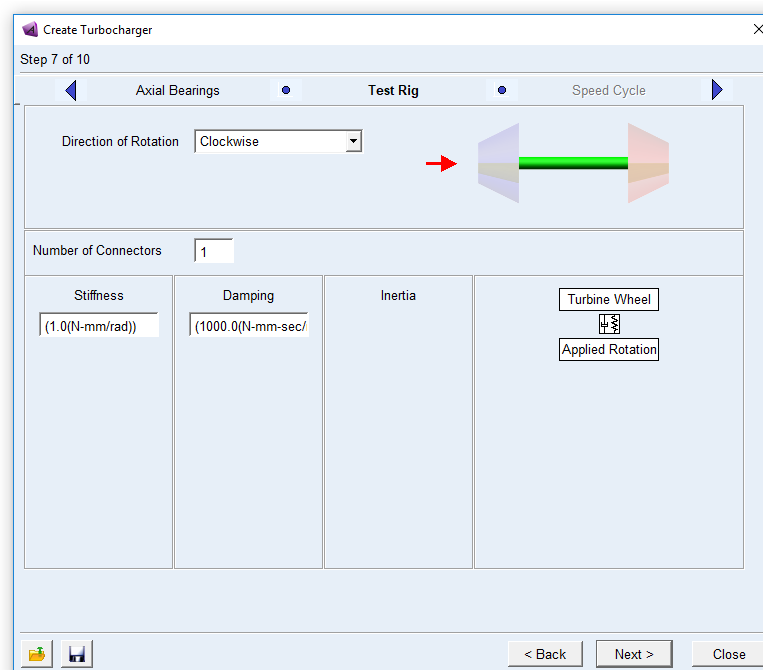
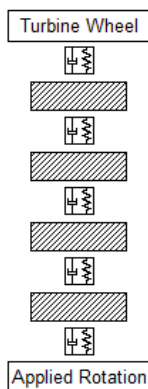
$$K = \frac{h_1 - h_0}{h_0} \quad (32)$$

$$\dot{h} = v_z \quad (33)$$

Vlastnosti oleja vlastnosti sú definované pomocou tlačidla  (podkap. 3.3).

2.1.7 KROK Č. 7 – TEST RIG

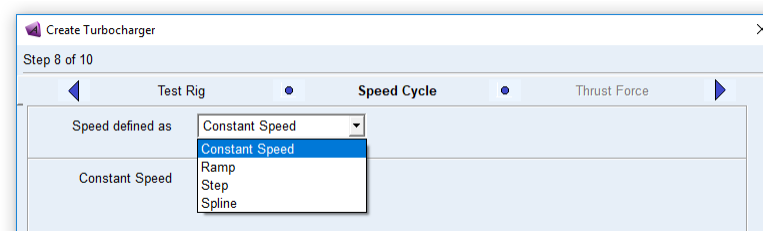
Turbínové koleso turbodúchadla je roztáčané pomocou telesa dynamometru, s ktorým je spojené flexibilnými torznými pružinami a tlmičmi a tuhými valcami. Spojenie môže pozostávať z nula až piatich takýchto skupín prvkov. V prípade, že nie je použitý žiaden pružný člen, je rotácia aplikovaná na teleso turbínového kolesa



2.1.8 KROK Č. 8 – SPEED CYCLE

Uhlovú rýchlosť dynamometru je možné definovať ako:

- Constant Speed
- Ramp
- Step
- Spline



CONSTANT SPEED

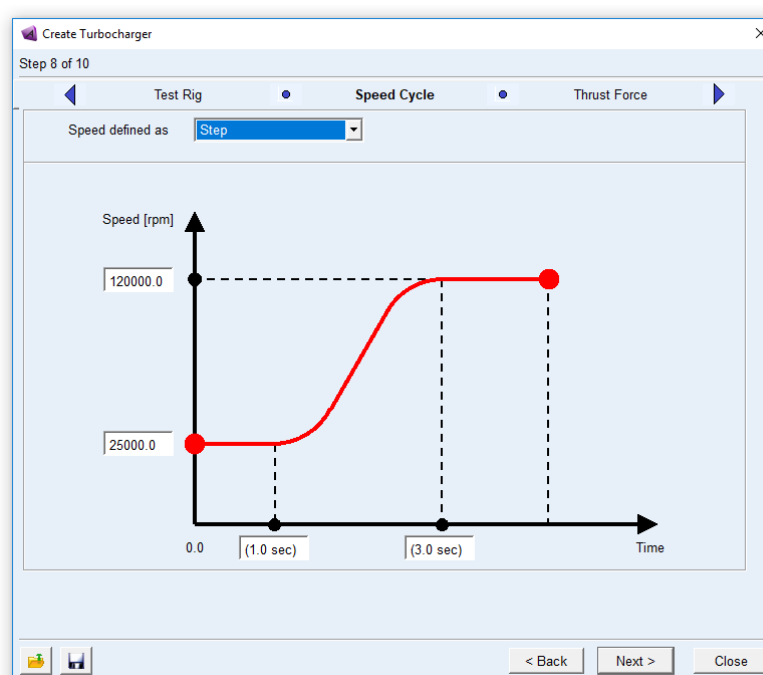
Uhlová rýchlosť dynamometru je konštantná počas celej simulácie. Pre väčšinu rotujúcich telies je táto rýchlosť zadaná ako počiatočná okrajová podmienka.

RAMP

Uhlová rýchlosť dynamometru je definovaná ako lineárna časová závislosť. Pre väčšinu rotujúcich telies je rýchlosť v čase 0 sec zadaná ako počiatočná okrajová podmienka.

STEP

Uhlová rýchlosť dynamometru je definovaná pomocou funkcie STEP, ktorá zaručuje plynulý prechod počiatočnej uhlovej rýchlosti na konečnú.



Pre väčšinu rotujúcich telies je rýchlosť v čase 0 sec zadaná ako počiatočná okrajová podmienka.

SPLINE

Uhlová rýchlosť dynamometru je definovaná pomocou užívateľom špecifikovaného SPLINE. Pre aplikáciu tejto voľby je nutné aby SPLINE bol v modeli umiestnený pred pokračovaním vo Wizzard. Pre väčšinu rotujúcich telies je užívateľom zadaná počiatočná rýchlosť zadaná ako počiatočná okrajová podmienka.

2.1.9 KROK Č. 9 – THRUST FORCE

Axiálna sila je aplikovaná na kompresorové koleso v mieste jeho ťažiska. Užívateľ môže zvoliť smer a spôsob definície axiálnej sily:

- Constant
- Spline

CONSTANT

Axiálna sila je konštantná počas celej simulácie.

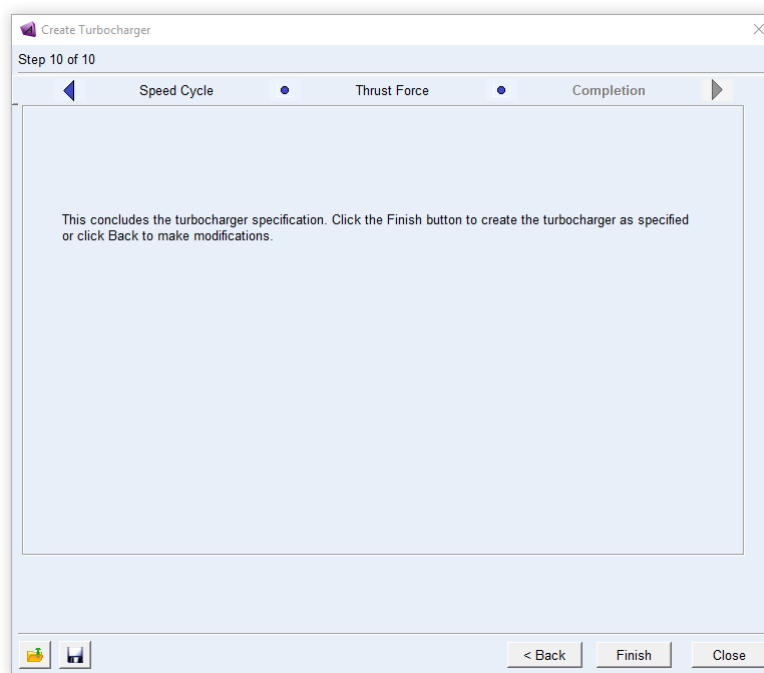
SPLINE

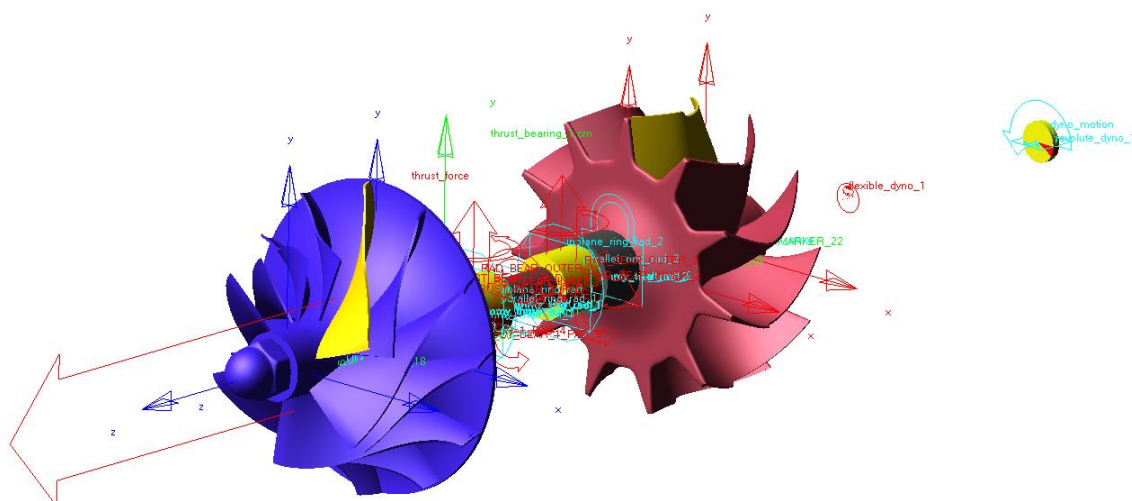
Axiálna sila je definovaná pomocou užívateľom špecifikovaného SPLINE. Pre aplikáciu tejto voľby je nutné aby SPLINE bol v modeli umiestnený pred pokračovaním vo Wizzard.

2.1.10 KROK Č. 10 – COMPLETION

Užívateľ potvrdí zadané údaje o modeli turbodúchadla a dokončí sprievodcu. Po dokončení sprievodcu sú spustené podprogramy, ktoré automatizovane vytvoria výpočtový model turbodúchadla.

Výpočtový model nie je zamknutý. Užívateľ môže kedykoľvek a akokoľvek meniť definíciu jednotlivých prvkov, prípadne môže do modelu doplniť ďalšie potrebné prvky.





3 POPIS FUNKCÍ

3.1 PRVOK TYPU BEAM

Beam prvok aplikuje silu medzi dva markry v závislosti na ich vzájomnej polohe podľa vzťahu:

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} K_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & K_{22} & 0 & 0 & 0 & K_{26} \\ 0 & 0 & K_{33} & 0 & K_{35} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & K_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & K_{35} & 0 & K_{55} & 0 \\ 0 & K_{26} & 0 & 0 & 0 & K_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ a \\ b \\ c \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} & C_{16} \\ C_{12} & C_{22} & C_{23} & C_{24} & C_{25} & C_{26} \\ C_{13} & C_{23} & C_{33} & C_{34} & C_{35} & C_{36} \\ C_{14} & C_{24} & C_{34} & C_{44} & C_{45} & C_{46} \\ C_{15} & C_{25} & C_{35} & C_{45} & C_{55} & C_{56} \\ C_{16} & C_{26} & C_{36} & C_{46} & C_{56} & C_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \\ \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} \quad (34)$$

kde:

$$K_{11} = \frac{AE}{l} \quad (35)$$

$$K_{22} = \frac{12EI_{zz}}{l^3(1+P_y)} \quad (36)$$

$$K_{26} = \frac{6EI_z}{l^2(1+P_y)} \quad (37)$$

$$K_{33} = \frac{12EI_{yy}}{l^3(1+P_z)} \quad (38)$$

$$K_{35} = \frac{6EI_y}{l^2(1+P_z)} \quad (39)$$

$$K_{44} = \frac{I_{xx}G}{l} \quad (40)$$

$$K_{55} = \frac{(4+P_z)EI_{yy}}{l(1+P_z)} \quad (41)$$

$$K_{66} = \frac{(4+P_y)EI_{zz}}{l(1+P_y)} \quad (42)$$

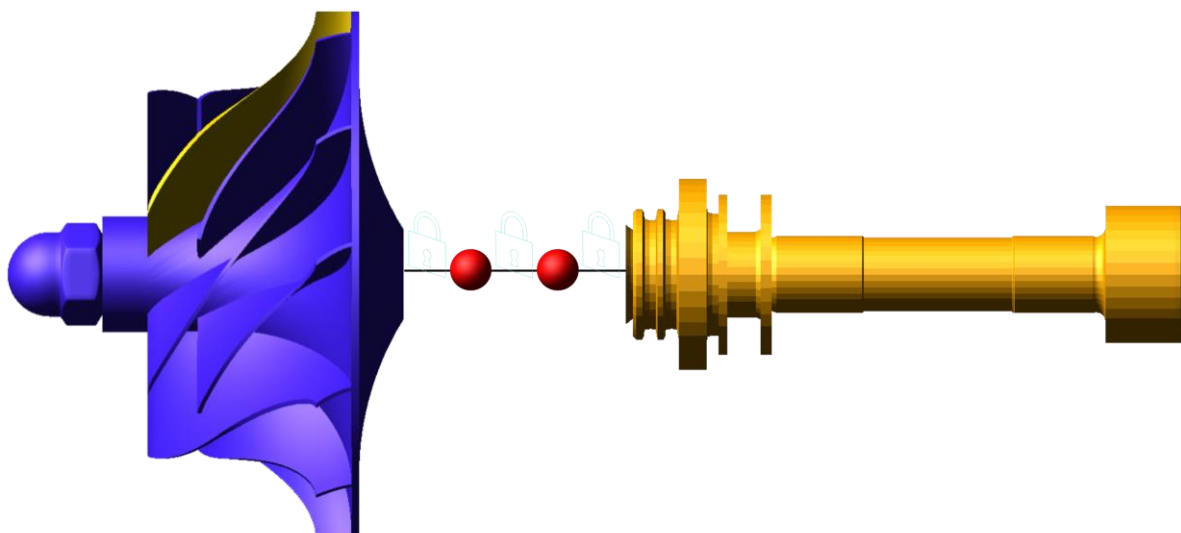
pričom:

$$P_y = \frac{12EI_{yy} f_{sz}}{GA l^2} \quad (43)$$

$$P_z = \frac{12EI_{zz} f_{sy}}{GA l^2} \quad (44)$$

3.2 VÄZBENIE TELIES POMOCOU PRVKOV DUMMY

Turbodúchadlo sa skladá z telies, ktoré sú spojené cez väzby. Tieto väzby nie sú aplikované priamo na telesá. Sú aplikované na pomocné Dummy telesá, ktoré sú spojené s materskými telesami pomocou väzieb Fixed. Podobne sú aj silové interakcie medzi telesami sprostretkované cez Dummy telesá.



Dummy teleso je pomocné dokonale tuhé teleso s minimálnymi zotrvačnými vlastnosťami, ktoré je zaväzbené k materskému telesu. Na Dummy teleso sú aplikované silové a deformačné zaťaženia, ktoré sú následne prenášané do materského telesa.

3.3 DEFINÍCIA VLASTNOSTÍ OLEJA

Vlastnosti oleja vlastnosti sú definované pomocou tlačidla , ktoré aktivuje okno Oil Properties.

Predpokladá sa použitie spoločnej olejová náplne pre všetky ložiská turbodúchadla. Medzi tieto vlastnosti patrí dynamická viskozita oleja typu High Temperature High Shear (HTHS, ASTM D4683), teplota oleja na vstupe do turbodúchadla a parametre Vogelovho modelu tepelnej závislosti viskozity oleja:

$$\eta = V_a e^{\frac{V_b}{T - V_c}} \quad (45)$$

Ak je aktívny výpočet oteplenia olejovej vrstvy v dôsledku šmykového trenia, je nutné definovať ďalšie vstupy ako objemový tok oleja ložiskom, mernú tepelnú kapacitu oleja a tepelnú závislosť hustoty oleja:

$$\rho = \frac{\rho(T_0)}{1 + \alpha \Delta T} \quad (46)$$

KONTAKT

Ing. Jozef Dlugoš

Vysoké učení technické v Brně

Technická 2896/2

616 69 Brno

jozef.dlugos@vutbr.cz

POUŽITÉ INFORMAČNÉ ZDROJE

- [1] KRÄMER, Erwin. Dynamics of Rotors and Foundations. New York: Springer-Verlag, 1993. ISBN 978-3-662-02800-1.
- [2] STACHOWIAK, Gwidon W. a Andrew W. BATCHELOR. Engineering tribology. Fourth edition. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014. ISBN 978-012-3977-762.

Zoznam Použitých Skratiek a Symbolov

a	[m]	Konštanta
A	[m ²]	Plocha pričeneho prierezu
B	[m]	Dĺžka ložiska
b_i	[N·s·m ⁻¹]	Tlmenie v smere i
b_{ij}	[N·s·m ⁻¹]	Tlmenie v smere i pri pohybe v smere j
c	[m]	Radiálna ložisková medzera
C_{ij}	[N·s·m ⁻¹]	Tlmenie j po aplikácii zaťaženia i
e	[m]	Excentricita ložiska
$\tilde{e}$	[m]	Asymptotická excentricita
E	[Pa]	Youngov modul pružnosti v ťahu
F_n	[N]	Normálová sila
F_r	[N]	Radiálna sila
F_t	[N]	Tangenciálna sila
G	[Pa]	Modul pružnosti v šmyku
h_0	[m]	Minimálna medzera
h_1	[m]	Maximálna medzera
h_{end}	[m]	Konštanta
h_{start}	[m]	Konštanta
$\dot{h}$	[m·s ⁻¹]	Zmena medzery ložiska
I_{xx}, I_{yy}, I_{zz}	[m ²]	Kvadratické momenty prierezu
K	[-]	Konvergence ratio
k_i	[N·m ⁻¹]	Tuhosť v smere i
k_{ij}	[N·m ⁻¹]	Tuhosť v smere i pri vychýlení v smere j
K_{ij}	[N·m ⁻¹]	Tuhosť j po aplikácii zaťaženia i
L	[m]	Šírka ložiska
l	[m]	Dĺžka prutu
R	[m]	Polomer čapu ložiska
s	[-]	Násobok derivácie
T	[°C]	Teplota
T_0	[°C]	Počiatočná teplota
T_f	[N·m]	Trecí moment
ΔT	[°C]	Zmena teploty

U	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$	Rýchlosť
u_x, u_y	$[\text{m}]$	Posuv v smere x a v smere y
V_a	$[\text{Pa}\cdot\text{s}]$	Parameter tepelnej závislosti podľa Vogela
V_b	$[\text{°C}]$	Parameter tepelnej závislosti podľa Vogela
V_c	$[\text{°C}]$	Parameter tepelnej závislosti podľa Vogela
v_x, v_y, v_z	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$	Rýchlosť v smere x , v smere y a v smere z
w	$[\text{m}]$	Konštanta
z	$[\text{m}]$	Konštanta
α	$[\text{°C}^{-1}]$	Koeficient tepelnej rozťažnosti
γ	$[\text{rad}]$	Poloha minimálnej medzery ložiska
$\dot{\gamma}$	$[\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}]$	Zmena polohy minimálnej medzery ložiska
ε	$[-]$	Relatívna excentricita ložiska
$\dot{\varepsilon}$	$[\text{s}^{-1}]$	Zmena relatívnej excentricity
$\tilde{\varepsilon}$	$[-]$	Asymptotická relatívna excentricita
η	$[\text{Pa}\cdot\text{s}]$	Dynamická viskozita
ρ	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$	Hustota
ω	$[\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}]$	Uhlová rýchlosť