Simulácia prúdenia okolo profilu krídla – 2D

Na tomto príklade si ukážeme vytvorenie profilu krídla, vytvorenie štruktúrovanej siete a numerickú simuláciu prúdenia okolo profilu krídla NACA 0021 s dĺžkou tetivy 0,5m, pri uhloch nábehu $\alpha 0 \alpha 8^{\circ}$, pri rýchlosti prúdu 20 m/s. Sledovať budeme základné aerodynamické parametre – koeficient vztlaku a odporu.



Vytvorenie geometrie

Otvoríme si ANSYS postupom už vyššie uvedeným. Spustíme ANSYS Workbench. Dvojklikom na Fluid Flow (Fluent) sa v pracovnom prostredí WB zobrazí tabuľka. Dvojklikom na Geometry sa spustí DM. Ako jednotky vyberieme metre. Ak nám program túto možnosť nedáva, ideme do roletového menu *Unit* a zaškrtneme metre. Vyberieme si 1. XYPlane, 2. kolmý pohľad na rovinu.

Potrebujeme si najprv vytvoriť dátový súbor s koordinátami profilu (x, y, z - súradnice). Tento súbor načítame do DM a vytvoríme 3D krivku, ktorá bude reprezentovať profil krídla. Zadáme do internetového vyhľadávača napr. výraz "naca airfoil calculator" a otvoríme si nasledovný odkaz viď. Obr. XXX



Otvorí sa nám NACA generátor, kde si vygenerujeme súradnice profilu. Do poľa pre *Max Camber (%)* napíšeme 0. Do poľa pre Max camber position (%) tiež dáme 0. Do poľa pre *Thickness* (%) napíšeme 21. Takto máme nadefinovaný profil 0021. Number of points dáme 200. Zaškrtneme *Cosine spacing* aj *Close Trailing edge*. Klikneme na *Plot*. Vpravo v okne *Dat file* sa nám vytvoria súradnice požadovaného súboru.



Označíme všetky údaje v okne *Dat file* a skopírujeme ich. Otvoríme Poznámkový blok (Notepad) a vložíme ich. Vymažeme prvý riadok, kde sú informácie o profile - NACA 0021 Airfoil M=0.0% P=0.0% T=21.0%. Súbor bude vyzerať nasledovne, viď. Obr. XXX.

Bez názvu – Poznámkový blok
Soubor Úpravy Formát Zobrazení Nápověda
1.000000 -0.000000
0.999753 0.000063
0.999013 0.000251
0.997781 0.000564
0.996057 0.001000
0.993844 0.001560
0.991144 0.002240
0.987958 0.003039
0.984292 0.003955
0.980147 0.004986
0.975528 0.006127
0.970440 0.007377
0.964888 0.008732
0.958877 0.010188
0.952414 0.011742
0.945503 0.013389
0.938153 0.015125
0.930371 0.016946
0.922164 0.018848
0.913540 0.020825

Tento súbor uložíme ako napr. NACA0021.txt a zavrieme. Otvoríme si program MS Excel, vyhľadáme uložený textový súbor a otvoríme ho. Pri otváraní v okne Oddeľovače (Delimiters) zaškrtneme Medzera (Space). Vložíme dva riadky a jeden stĺpec. Na pozíciu A2 napíšeme #group, B2 #point, C2 #x_cord, D2 #y_cord, E2 #z_cord. Do stĺpca *group* vložíme číslo 1. Do stĺpca *point* dáme poradie od 1 do 200. Posledné číslo po 200 bude 0. Do stĺpca #z_cord dame 0. Výsledný súbor by mal vyzerať nasledovne, viď obr. XXX

								Súbor	Domo	v Vlo	žiť Rozlož	nie strany	Vzorce	Údaie
Subor	Domov	VIOZIT	Rozioz	enie strany	Vzorce	Udaje	o Ra							
1 📩 X	Calibri	24	11 -	A' A' = :		. 1	Zal		Calib	ori	* 11 * ,	A A ==	1	⊳• 🗗 Z
Prilapit	·							Prilepit	B	/ U -	- A.	A		
- *	D /	Q - 1	1.1 M.	A	0.00.2	1.1	230							
Schränka	15	Plan	10	15		Zarovn	nanie	Schránka	15.1	р	ismo	- 16		Zarovnanie
639		×	0	6				G39			x v	f_X		
			6				r		A	в	c	D	F	F
		B	C	U	t		r	184	1	18	2 0.913540	-0.020825		0
2 8000			ty could	the cord	The courd			185	1	18	3 0.922164	-0.018848		0
3 mg101	1	1 1	000000	-0.000000	#2_0010	0		186	1	18	4 0.930371	-0.016946		0
4	1	20	999753	0.000063		0		187	1	18	5 0.938153	-0.015125		0
5	1	3.0	999013	0.000251		0		188	1	18	6 0.945503	-0.013389		0
6	1	4 0	.997781	0.000564		0		189	1	18	7 0.952414	-0.011742		0
7	1	5 0	.996057	0.001000		0		190	1	18	8 0.958877	-0.010188		0
8	1	6 0	.993844	0.001560		0		191	1	18	9 0.964888	-0.008732		0
9	1	70	.991144	0.002240		0		192	1	19	0 0.970440	-0.007377		0
10	1	8 0	.987958	0.003039		0		193	1	19	1 0.975528	-0.006127		0
11	1	9 0	.984292	0.003955		0		194	1	19	2 0.980147	-0.004986		0
12	1	10 0	.980147	0.004986		0		195	1	19	3 0.984292	-0.003955		0
13	1	11 0	.975528	0.006127		0		196	1	194	4 0.987958	-0.003039		0
14	1	12 0	.970440	0.007377		0		197	1	19	5 0.991144	-0.002240		0
15	1	13 0	.964888	0.008732		0		198	1	19	6 0.993844	-0.001560		0
16	1	14 0	.958877	0.010188		0		199	1	19	7 0.996057	-0.001000		0
17	1	15 0	.952414	0.011742		0		200	1	19	8 0.997781	-0.000564		0
18	1	16 0	.945503	0.013389		0		201	1	19	9 0.999013	-0.000251		0
19	1	17 0	.938153	0.015125		0		202	1	20	0 0.999753	-0.000063		0
20	1	18 0	.930371	0.016946		0		203	1		0 1.000000	0.000000		0
								204						1

Súbor uložíme ako textový. V tejto chvíli sa môžeme vrátiť k programu Design Modeler. Z roletového menu vyberieme Concept>3D Curve.

B A: Fluid Flow (Fluent) - DesignModeler		
File Create Concept Tools Units View H	lelp	
🖉 🛃 🔣 🛰 Lines From Points	elect 🟗 💱 🖻 🖥 🗑 🚱 🖉 🗐 🕱 🖉 S 💠 Q Q Q Q 🔍 🕮 🗚 🚳 • 🕅	
Unes From Sketches	p'	
XIPIane ID Curve	Generate Where Topology 🔀 Parameters	
Extrude Split Edges	Loft 📋 🏢 Thin/Surface 👒 Blend 👻 🦠 Chamfer 🧠 Slice 📋 🌩 Point 🖺 Conversion	
Tree Outline 🦛 Surfaces From Edges	Graphics	
🗁 🗸 🕅 🚑 Surfaces From Sketches		
© Surfaces From Faces		
Cross Section		
🔍 🦏 0 Parts, 0 Bodies		

V okne Details View ľavým tlačidlom klikneme na žltým podsvietené Not selected pri Coordinates File a načítame uložený textový súbor NACA0021.txt. Po načítaní sa nám zobrazí krivka profilu svetlomodrou farbou. Klikneme na tlačidlo Generate a farba profilu sa zmení na sivú. Náš profil má dĺžku tetivy 1 m. Vzhľadom k tomu, že v zadaní úlohy máme určenú dĺžku profilu 0,5 m, je potrebné tento adekvátne zmenšiť.

000 A:	Fluid Flow (Fluent) - DesignModele	r (
File	Create Concept Tools Units	View Help
3	* New Plane	Select: 12 13 T
	Extrude	· # #
XY	Revolve	- 😸 🛛 😼 Generate 🐧
	🌜 Sweep	Skin/Loft Thin/Sur
Tree	& Skin/Loft	
8-	Thin/Surface	
	Fixed Radius Blend	
	Variable Radius Blend	
	< Vertex Blend	
	S Chamfer	
	Pattern	
	Body Operation	
	Body Transformation	A move
	Boolean	e ⁹ Translate
	Delete	mill Kotate
	Delete	10 Scale
	Point	
	Primitives	•

Z roletového menu vyberáme Create>Body Transformation>Scale viď. Obr. XXX.

Priložíme kurzor myši na krivku profilu a ľavým tlačidlom na ňu klikneme. Zmení sa farba na žltú. V okne Details View ľavým tlačidlom klikneme na Apply pri Bodies.



Do políčka ku Global Scaling Factor namiesto 1, napíšeme 0,5, čím zabezpečíme zmenšenie celého profilu na polovicu. Klikneme na Generate. Nasledujúci krok je vytvorenie plochy z krivky, čo urobíme nasledovne. Z roletového menu vyberáme Concept>Surface From Edges.

😳 A: Fluid Flow (Fluent) - DesignModeler
File Create Concept Tools Units View Help
Image: Second

Priložíme kurzor myši na krivku profilu a ľavým tlačidlom na ňu klikneme. Zmení sa farba na zelenú. V okne Details View ľavým tlačidlom klikneme na Apply pri Edges.



Klikneme na tlačidlo Generate a vytvorí sa nám šedá plocha profilu krídla viď obr.XXX.



Nasleduje vytvorenie tzv. domény, čiže priestoru prúdenia vzduchu. Aby sa nám dve plochy, tj. priestor prúdenia a plocha profilu vzájomne neovplyvňovali, použijeme príkaz z roletového menu *Tools>Freeze*. Vytvoríme si teraz novú rovinu s počiatkom súradnicového systém, ktorý bude v odtokovom bode profilu krídla. To zrealizujme tak, že klikneme na ikonu tlačidla *New Plane*.

🚳 A: Fluid Flow (Fluent) - DesignModeler
File Create Concept Tools Units View Help
🔄 🚽 🛃 🧰 🗩 Undo - 🤇 Redo - Select 🐄 🦕 🛅 🛅 🛅 🛅 🔂 🔂 🐨 🗐 🗰 S 💠 🍳 🔍 🔍 🔍 🔍 🗮 🗰 🖈 🚳 🔸 1/2
I have he have he he he he
XIPlane 🗸 🖈 🕽 one 🗸 💋 Generate 🎯 Share Topology 🕎 Parameters
🕞 Extrude 💏 The Skin/Loft 📴 Thin/Surface 💊 Blend 🔻 💊 Chamfer 🌚 Slice 🚸 Point 🌓 Conversion
Tree Outline 7 Graphics
→ A Fluid Flow (Fluent) → XVPlane → XZPlane → YZPlane → V Curve4 → S Scale2 → Surf3 → 2 Parts, 2 Bodies → Surface Body

V okne Details View pri Transform1 nastavíme Offset Global X a pri políčku FD1, Value 1 napíšeme 0,5. Týmto sme vytvorili novú rovinu so súradnicovým systémom, ktorý je oproti pôvodnému posunutý v smere osi x o 0,5 m. Potvrdiť to je potrebné kliknutím na tlačidlo Generate.



V Tree Outline klikneme najprv na novovytvorenú rovinu Plane 5 a potom klikneme na tlačidlo New Sketch.

😳 A: Fluid Flow (Fluent) - DesignModeler	
File Create Concept Tools Units View Help	
🖉 🚽 🛃 📫 ĐUndo @Redo Select: 🍢 🍢 🔞 🕲 🔞 🚱 🗐 🗐 🗐 🗐 🖉	Q, D, Q, Q, Q, 🕮 🔰 🔺 🚳 🔸 🕫
I - K. K. K. K. K.	
Plane5 🔹 🖈 None 👻 💆 Generate 🐨 Share Topology 🕎 Parameters	
🛛 🕞 Extrude 🏟 Revolve 🐁 Sweep 🔌 Skin/Loft 👘 Thin/Surface 🥎 Blend 🔻 🥎 Chamfer 🏟 Slice	Point Conversion
Tree Outline	Graphics
B → Juli Flow (Fluent) → J × XVPlane → X ZVPlane → X ZVPlane → Curve4 → Start2 → Freac → Line Body → Classed Body	

Prepneme sa na záložku Sketching a vyberiem si z ponuky kreslenia Arc by Center.

W A: Huid Flow (Fluent) - DesignModeler	
File Create Concept Tools Units View Help	
] 🖉 🔜 🛃 📫 [] ĐUndo - @ Redo - [] Select: 🎭 - 🎠 - [] 🐑 🛅 🛅 - 🔂 - [] 🧮 [] 💭 - [] 🏛 [] 💭 - [] 💭 [] 💭 - []	
■ • ■ • <i>h</i> • <i>h</i> • <i>h</i> • <i>h</i> • <i>f</i> •	
Plane5 🔹 🛧 Sketch1 🔹 🐉 🌮 Generate 🎯 Share Topology 📴 Parameters	
🛛 🔣 Extrude 🚓 Revolve 🌜 Sweep 🚯 Skin/Loft 🛛 🛅 Thin/Surface 💊 Blend 🗝 💊 Chamfer 🌚 Slice 🛛 🍕	
Sketching Toolboxes 4	
Draw	
N Line	
6 Tangent Line	
6 Line by 2 Tangents	
A Polyine	
Rectangle by 3 Points	
🗘 Oval	
© Circle	
Circle by 3 Tangents	
And by Langent	
lio Arc by Center	
Clinte	
> Spline	
Construction Point	
@ Construction Point at Intersection	
Modify	
Dimensions	
Constraints	
Settings	
Sketching Mideling	

Nastavíme sa do stredu súradnicového systému klikneme ľavým tlačidlom myši a ťaháme kurzor myši po osi y nahor. Popri osi sa nám zobrazuje písmeno C a vidíme tvar kružnice.



Odklikneme na osi y na ľubovoľnom mieste a ťaháme myšku doľava a nadol.



Dostaneme sa na os y pod súradnicovým systémom, znova sa objaví písmeno C a odklikneme a vytvoríme tak poloblúk.

😳 A: Thaid Flow (Fluent) - DesignModeler		- 0
File Create Concept Tools Units View Help		
2 🖬 🖬 🏟 🛛 Olindo (2 Hell) (Select: "다 나는 🖄 🗑 🕥 🐘 (요구))(표 🛛 S 수 0)	(Q) (Q) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2	
. . <i>k k k k k k</i>		
Planes • 🖈 Sketch2 • 🎦 🧳 Generate 😻 Share Topology 🕎 Parameters		
Ethnude Antevelve & Sever & Skiv/Loft This/Surface & Blend + & Chamfer & Slore	Print D. Conversion	
Sketching Toolboxes 4	Grighta :	
Draw		
1 Line 2 Tennet line		ANSY
6 Line by 2 Tangents		
A Polyline		
C-Polygon T Bacturale		
CRectangle by 3 Points		
₽ Oval		
S Cede		
"LArc by Tangent		
Arc by 3 Points		
Chillion		
2 Spline		
Construction Point		
e cosoulain rom a moscain		
Medty 7		
Dimensions		
Gettion		
a configuration of the second s		
Date Van		
- Details of Sketch2		
Sketch Sketch2		
Statch Volkilly Show Statch Show Constraints? An		
Edges: 1		
Chrufan Ant 011		
		•
		1.000
	0,000 0,100 1	1 Average
	0,59 6.	74
	6	

Prepneme sa zo záložky *Draw* do záložky *Dimensions*. Vyberieme Radius a klikneme na poloblúk. Klikneme ľubovoľne do priestoru kreslenia. V okne Details View dáme polomer 6 m pri Dimensions 1, R1. Prepneme sa do záložky *Draw* a zvolíme *Rectangle by 3 Points*. Kurzorom myši sa priblížime k hornému bodu na osi y, pokiaľ sa objaví písmeno P, odklikneme. Ťaháme kurzor k dolnému bodu na osi y pokiaľ sa objaví písmeno P, odklikneme. Ťaháme kurzor k dolnému bodu na odklikneme. Nakreslený obrázok vyzerá nasledovne.



Ešte nie je zakótovaná vzdialenosť medzi osou y a vertikálou na pravej strane. Prepneme sa zo záložky *Draw* do záložky *Dimensions*. Vyberáme *Horizontal* a klikneme na os y a vertikálu na pravej strane. Odklikneme kdekoľvek v priestore kreslenia. Zadáme dĺžku 6m.

A: Huld Flow (Fluent) - DesignModeler		- 0
File Create Concept Tools Units View Help		
2 🖬 🖬 🏟 🛛 Được (Chiến - Select 🔨 🦙 🖹 🗃 🔂 🗐 🖓 - 🔍 🕱 🗍	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
Planes • 🖈 Sketch2 • 🎁 🔰 Generate 👹 Share Topology 🕎 Parameters		
Estrude Alevelve & Sweep & Skin/Loft BThis/Surface & Blend - & Chamfer & Sko	Print D Conversion	
Santching Tostboxes	Gophics	
Draw		
Modily		ANSY
Dimensions		
Q Genesi		
I Vetical		
Earigth/Distance		
CRates		
Hounds A doub		
F Semi-Automatic		
Atdt		
Move .		
W Diplay		
Constraints	×	
Settings		
Satching Modeling	010	
Details View	•	
E Details of Sketch2		
Sellin Sellinz Sellin Good Sellinz		
Show Constraints? No		
- Dimensions 2		
22 Km	X	
in Edgest 5		
Groular Arc Ort1		
Line 1020		
line In22		
line In21		
		5.97
		Y
		T T
	0.000	1000im
	4,50	
		020
	2,150	6,710

Odstránime pre nás v tejto chvíli vertikálne čiary, ktoré sa prekrývajú s osou y. Prepneme sa zo záložky *Dimensions* do záložky *Modify*. Zvolíme *Trim* a klikneme na vrchnú a na spodnú čiaru, ktorá prekrýva os y. Tieto čiary sa stratia. Môžeme teraz vytvoriť plochu prúdenia. Z roletového menu vyberáme Concept>Surface from Sketches. V stromovom menu *Tree Outline* klikneme na *Sketch* ktorým sme vytvorili priestor prúdenia a klikneme v *Detail View* na *Apply* pri *Base Objects*.



Klikneme na tlačidlo *Generate*. Mali by sme mať nasledovný obrázok

I• ■• ∧• ∧• ∧• ∧• ∧• ★ ≠			
unes • 🖈 Sketch2 • 🎁 🦻 Generate 👹 Shar	e Topology 🛃 Parameters		
Cutione	Graptics Graptics		
A for future plane A for future plane A for future plane A for future A for future			A
Attent Shades			
		20 <u> </u>	 1.

V nasledujúcom kroku urobíme prienik dvoch plôch a z domény vlastne vyrežeme plochu profilu. Prepneme sa na záložku *Modeling*. Z roletového menu vyberáme Create>Boolean a v Details View klikneme vedľa poľa *Operation* a vyberieme *Subtract*.

Sketching Modelin				
Details View	Details View 4			
Details of Boolean				
Boolean	Boolean2			
Operation	Subtract			
Target Bodies	Not selected			
Tool Bodies	Not selected			
Preserve Tool Bodi	i? No			

Klikneme do poľa vedľa *Target Bodies* a vyberieme plochu domény. Klikneme na *Apply*. Klikneme do poľa vedľa *Tool Bodies* a vyberieme plochu profilu. Klikneme na *Apply* a na *Generate*. Výsledný obrázok by mal vyzerať nasledovne.



Nasleduje posledný krok v tvorbe geometrie, ktorým je rozdelenie domény na kvadranty. Toto nám uľahčí vytvorenie mriežky. Zvolíme vytvorenú rovinu v *Tree Outline* a klikneme na ikonu tlačidla *New Sketch*. Prepneme sa na záložku *Sketching*, kde sa otvoria nástroje pre 2D kreslenie. V menu kreslenia vyberieme príkaz priamka *Line*. Nakreslíme na osiach jednu vodorovnú a zvislú čiaru. Priblížime sa kurzorom k osi x, kde táto pretína poloblúk. Pri osi je písmeno C a poloblúk zmení farbu na červenú. Klikneme a ťaháme čiaru cez doménu po osi x k pravej zvislej čiare, pokiaľ táto zmení farbu na červenú. Odklikneme.



To isté urobíme zhora nadol. Tu je to jednoduchšie, lebo na osi y máme horný aj dolný bod, kde os pretína doménu. Výsledný obrázok má vyzerať nasledovne.



Prepneme sa na záložku *Modeling* a z roletového menu vyberáme *Concept>Lines from Sketches*. Vyberiem *Sketch* kde sú vytvorené 2 čiary a v *Details View* klikneme na *Apply* pri *Base Objects*. Klikneme na tlačidlo *Generate*. Urobíme projekciu týchto čiar do domény. Vyberieme z roletového menu

Tools>Projection. Klikneme pomocou pomocou CTRL na 4 čiary a v Details View stlačíme Apply pri Edges.



Označíme doménu a v Details View stlačíme Apply pri Target. Klikneme na Generate. Keď klikneme na doménu tak ju máme rozdelenú na kvadranty viď. Obr XXX.



V *Tree Outline* vidíme že máme vytvorené 2 Line Body a 1 Surface Body. Nám do ďalšej práce postačuje doména (surface body), prebytočné časti odstránime. Vyberáme z roletového menu *Create>Delete>Body Delete*. Z *Tree Outline* vyberiem obidve *Line Body* (pomocou CTRL) a stlačíme tlačidlo *Apply* pri *Bodies* v *Detail View. Generate*. Týmto je časť tvorby geometria ukončená.

Vytvorenie výpočtovej siete

V prostredí ANSYS Workbench dvojklikom na *Mesh* sa spustíme program Meshing. Začneme príkazom na vytvorenie štruktúrovanej siete. V okne *Outline* klikneme na *Mesh*, vyvoláme kontextovú ponuku, vyberieme *Insert>Mapped Face Meshing*, viď (obr. XXX)



Vyberieme všetky kvadranty domény (CTRL) a klikneme na tlačidlo *Apply* pri poli *Geometry* v *Details* of. Doména je sfarbená na modro. V tejto chvíli ak by sme nechali vygenerovať sieť, bola by štruktúrovaná ale podľa algoritmu softvéru a nám nemusí vyhovovať. Z toho dôvodu my určíme počet buniek na hranách kvadrantov aj zahustenie siete smerom k profilu.

Obdobným spôsobom ako je vyššie uvedené v okne *Outline* klikneme na *Mesh*, vyvoláme kontextovú ponuku, vyberieme *Insert>Sizing*. Vyberieme 4 hrany podľa obrázka a klikneme na tlačidlo *Apply* pri poli *Geometry* v *Details of*. (Tento postup môžeme robiť aj pre každú hranu osobitne, čiže nemusíme naraz 4). V okne *Details* of pri poli *Type* vyberieme *Number of Divisions*. Znamená to, že sme stanovili, že hrana bude rozdelená na určitý počet úsekov (počet buniek na hrane). Vedľa poľa *Number of Divisions* dáme 50. Vedľa poľa *Behavior* nastavíme *Hard*. Znamená to, že to bude presne určený počet buniek. Ak by sme ponechali *Soft*, tak softvér to berie ako približnú hodnotu počtu buniek. V poli pri *Bias Type* zvolíme ----- -- . Znamená to zhustenie buniek na jedným smerom. Do poľa vedľa *Bias Factor* dáme 150. Znamená to nárast (pokles) veľkosti bunky na hrane s uvedeným faktorom.



Postup opakujeme, čiže v okne *Outline* klikneme na *Mesh*, vyvoláme kontextovú ponuku, vyberieme *Insert>Sizing* a vyberieme ďalšie hrany podľa obrázka a klikneme na tlačidlo *Apply* pri poli *Geometry* v *Details of*. Nastavenie rovnaké až na *Bias Type*. Ten bude - ----.

late @Mesh + @, Mesh Central + Mining Graph				
• 300	Idge String 2			
el (A3) Generality Constanto Synteme Constanto Synteme III France Franc Marching Re, Esper Saling 2.	Transart.			
s Seing ≥= Seing				
Rod Geometry Selection 4 Edges Ne				
Number of Demons 10 Demons Heal Lo				
16) No Selection				
	**			
****		0.000	4,000 (m)	

Ostali nám ešte hrany poloblúka, takže opäť v okne *Outline* klikneme na *Mesh*, vyvoláme kontextovú ponuku, vyberieme *Insert>Sizing* a vyberieme hrany poloblúka. Vedľa poľa *Number of Divisions* dáme 100. *Behavior – Hard*. Tentokrát nerobíme zahustenie, čiže *Bias Type – No Bias*.



Odklikneme Generate Mesh a po kliknutí na Mesh v okne Outline by sme mali vidieť nasledovnú sieť.



Sieť je vytvorená a je potrebné určiť okrajové podmienky. Klikneme postupne na obidve hrany poloblúka, spodnú aj hornú vodorovnú čiaru a vyvoláme kontextovú ponuku. Odtiaľ vyberieme *Create Named Selection*.

Go To ↓ Clear Generated Data On Selected Bodies Parts ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓
Isometric View View View View View View View

Tadiaľ bude prúd vzduchu vchádzať do domény stanovenou rýchlosťou, čiže to bude okrajová podmienka – rýchlostný vstup. Do poľa pre *Selection Name* píšeme *Velocity Inlet*. Postup opakujeme. Dve zvislé čiary na konci domény označíme ako tlakový výstup, čiže napíšeme do poľa pre *Selection Name – Pressure Outlet*. Ďalej si obdobným spôsobom označíme spodnú hranu profilu ako wall_PS. PS bude znamenať tlakovú hranu (Pressure Side). Hornú časť profilu označíme ako wall_SS, čo znamená sacia hrana (Suction Side). Sieť máme vytvorenú a sme pripravená na nastavenie a spustenie simulácií. V tejto chvíli máme na výber či sa vrátime do ANSYS Workbench a dvojklikom na *Setup* (predtým je potrebné kliknúť na *Update Project*), alebo vyexportovať súbor *.msh a načítať ho do programu ANSYS Fluent.

Na základe skúseností odporúčam druhu možnosť a to v programe *Meshing*, vyberieme z roletového menu *File>Export*. Súbor si ľubovoľne pomenujeme ale uložíme ho ako typ: FLUENT Input Files (*.msh).

		Název souboru: e Uložit jako typ: f	arfoltut mah 🔹 FLUENT Input Files (*mah) 🔹	Uožt Zrvit	
--	--	--	---	---------------	--

Nastavenie a spustenie simulácie

Otvoríme si program ANSYS Fluent. V otváracom okne označíme Dimension – 2D a pri Options – Double Precision.

Dimension Opions Image: Opions Double Precision Image: Opions Processing Opions Image: Opions Image: Opions Image: Opions
Dimension Dptions

Z roletového menu vyberáme príkaz File>Read>Mesh a načítame vytvorený súbor.

Fluent@DESKTOP-QJ25NAV		J25NAV [2d, dp, pbns, lam]																		
File	Mesh	Define	Solve	Adap	t Surface	Display	Report	Parallel	View	Help										
	Read			>	Mesi	1														
Write		>	Case																	
	Import Export	t		>	Data Case	8. Data														
	Export	to CFD-P	ost		PDF.															
Solution Files Interpolate FSI Mapping Save Picture Data file Quantities Batch Options	5 J)		ISAT DTRJ View	ISAI Table DTRM Rays View Factors Profile																
	Save Picture			Profi	le															
	ata File Quantities atch Options		ata File Quantities atch Options		a File Quantities ch Options		ita File Quantities stch Options		ta File Quantities tch Options		lata File Quantities atch Options		6		ities		Scheme Journal			
	Exit				airfo	itut														

Nastavíme teraz simuláciu. Klikneme na *General* pod *Solution Setup*. Tu ponecháme všetky nastavenia ako sú. Solver (riešič) bude *Pressure Based*. Budeme riešiť stacionárnu úlohu s absolútnou formuláciou rýchlosti. 2D priestor je Planar (rovinný).

Eile Mesh Define iiie iiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiii	skTOP-QJ2SNAV [2d, dp, pbns, sstkw] Solve Adapt Surface Display Report Parallel Viex ⓐ @ : S ♣ ♥ ♥ ♥ ♥
Meshing Mesh Generation Solution Setup Generation Models Materials Phases Cell Zone Conditions Boundary Conditions Mesh Interfaces Dynamic Mesh Reference Values Solution Solution Meshind Solution Controls Monitors Solution Controls Monitors Solution Controls Monitors Solution Controls Monitors Run Calculation Results Run Calculation Results Graphics and Animation Plots Benorth	General Mesh Scale Check Display Solver Type @ Pressure-Based @ Absolute O Density-Based @ Relative Time @ Steady @ Blanar O Transient O Axisymmetric O Axisymmetric O Franzient O Axisymmetric O Franzient O Axisymmetric Swirl

Nastavíme sa na *Models* a dvojklikom na *Viscous* sa nám zobrazia modely prúdenia. Vyberieme si model *k-omega* a v poli *k-omega Model* vyberieme *SST*. Odklikneme *OK*.

File Mesh Define Solve Adapt Surface Display Report Parallel Vie	Viscous Model ×
Image:	Model Model Constants Invisidd Invisidd Spalart-Allmaras (1 eqn) Inviside Inviside Inviside

Nastavíme sa na *Materials*. Vzhľadom k tomu, že je ako *Fluid* prednastavený vzduch (*Air*) nepotrebujeme nič nastavovať a nič nebudeme meniť ani v *Cell Zone Conditions*. Kliknutím na *Boundary Conditions* sa nám v okne *Zone* zobrazia okrajové podmienky, ktoré sme definovali v ešte v programe *Meshing*. Je vhodné skontrolovať či pod *Type* je vysvietená požadovaná okrajová podmienka. Ak to tak nie je, tak je to tu potrebné zmeniť, kliknutím a vybratím správnej. Čiže *velocity inlet – velocity inlet, pressure outlet – pressure outlet, wall_ps – wall a wall_ps – wall*. Okrem definovaných okrajových podmienok sa nám objavili ďalšie okrajové podmienky, ktoré vyjadrujú interiér, čiže vnútro priestoru prúdenia a nijakým spôsobom neovplyvňujú prúdenie. *Interior-surface_body* je vnútro domény a *surface_body* sú štyri priamky, ktorými sme doménu delili na kvadranty.

■ airfoiltut Fluent@DESKTOP-0J25NAV [2d, dp, pbns, sstkw] Elle Mech Define Solve Adapt Surface Dicolay Report Parallel Vie	
A Construction of the second	
Meshing Boundary Conditions Mesh Generation Solution Setup General Models Models Materials Phases Cel Zone Conditions Cel Zone Conditions Boundary Conditions Boundary Conditions Boundary Conditions Solution Initialization Calculation Activities Results Graphics and Animations Prisce Velocity-inlet Branetters Display Mesh Derating Conditions Display Mesh Help Help	

Klikneme na velocity inlet a stlačíme Edit.... Otvorí sa okno Velocity Inlet. V tejto úlohe budem pracovať len s možnosťami na záložke Momentum. Klikneme na roletové menu pri Velocity Specification Method a vyberieme Magnitude and Direction. To znamená, že stanovíme rýchlosť a smer prúdenia na profil. Do okna Velocity Magnitude (m/s) napíšeme 20. Supersonic/Initial Gauge Pressure (pascal) sa nás netýka, pretože neriešime stlačiteľnosť. Smer prúdenia na profil, teda uhol nábehu zadefinujeme pomocou nasledovných dvoch okien. Do okna X-Component of Flow Direction vpíšeme kosínus uhla nábehu. V našom prípade je uhol nábehu 0°, teda vpíšeme 1, pretože cos0°=1. Do okna Y-Component

of Flow Direction vpíšeme sínus uhla nábehu. V našom prípade je uhol nábehu 0°, teda vpíšeme 0, pretože sin0°=0.

V sekcii *Turbulence* je ešte potrebné nastaviť *Specification Method*. Klikneme na rolovacie menu a vyberieme *Intensity and Hydraulic Diameter*. Intenzita turbulencia sa pri modelovaní prúdenia na veterných zariadeniach stanovuje maximálne na 15%. V našom prípade môžeme ponechať 5%. *Hydraulic diameter* (hydraulický priemer) pri 2D simuláciách, je rovný šírke domény, čo je u nás 12 m. Okrajovú podmienku rýchlostného vstupu máme nastavenú, klikneme tlačidlo *OK*.

🔜 airfoiltut Fluent@D	ESKTOP-QJ25NAV [2d, dp, pbns, sstkw]				
File Mesh Define	Solve Adapt Surface Display Report	Parallel View Help			
: 📖 : 😝 🖛 🖬 🖛 🕅	🛙 😡 🕾 💠 🔍 🗨 🖉 🔍 🕅	 - 🗎 🔳 - 🕯	þ •		
Meshing	Velocity Inlet			×	
Mesh Generation	Zone Name				
Solution Setup	velocity_inlet				
General					
Models	Momentum Thermal Radiation Species	s DPM Multiphase	UDS		
Phases	Velocity Specification Method	Magnitude and Direction		~	
Boundary Conditions	Reference Frame	Absolute		~	
Mesh Interfaces Dynamic Mesh	Velocity Magnitude (m/s)	20	constant	~	
Reference Values Solution	Supersonic/Initial Gauge Pressure (pascal)	0	constant	~	
Solution Methods Solution Controls	X-Component of Flow Direction	1	constant	~	
Monitors Solution Initialization	Y-Component of Flow Direction	0	constant	~	
Calculation Activities	Turbulence				
Results	Specification Method	Intensity and Hydraulic Di	ameter	~	
Graphics and Animation	s	Turbulent Intensity	(%) 5	P	
Reports		Hydraulic Diameter	(m) [12		
				P	
	OK	Cancel Help			

Klikneme na *pressure outlet* a stlačíme *Edit....* V sekcii *Turbulence* je takisto potrebné nastaviť *Specification Method*. Klikneme na rolovacie menu a vyberieme *Intensity and Hydraulic Diameter*.

Zadáme rovnaké hodnoty ako na vstupe. *Backflow Turbulent Intensity* 5% a *Backflow Hydraulic diameter* 12 m. *OK*.

Položku *Dynamic Mesh* nebudeme nastavovať, pretože nepracujeme s pohyblivou alebo deformujúcou sa sieťou.

Klikneme na *Reference Values*. Do okna *Area (m2)*, vpíšeme dĺžku tetivy, čiže 0,5. Ak by sme mali 3D krídlo, tak dávame plochu krídla. Do okna *Velocity (m/s)* dáme rýchlosť prúdenia, čiže 20.

Pod Solution klikneme na Solution Methods. Nastavenia urobíme podľa obrázku XXX. Pressure Velocity Coupling: Scheme – SIMPLE, Spatial Discretization: Gradient – Least Squares Cell Based, Pressure – Second Order, Momentum – Second Order Upwind, Turbulent Kinetic Energy – Second Order Upwind, Specific Dissipation Rate – Second Order Upwind.

I airfoiltut Fluent⊛DE File Mesh Define S IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII	SKTOP-QJ25NAV [2d, dp, pbns, sstkw] iolve Adapt Surface Display Report Parallel Vir ⓐ @ : S ↔ @ ⊕ Ø : @ 大 = ▼ : Solution Methods
Meth Generation Solution Setup General Models Materials Phases Cell Zone Conditions Boundary Conditions Boundary Conditions Mesh Interfaces Dynamic Mesh Reference Values Solution Methode Solution Methode Solution Controls Solution Initialization Calculation Activities Run Calculation Results Graphics and Animations Plots Reports	Pressure-Velocity Coupling Scheme SMMLE Spatial Discretization Gradient Least Squares Cell Based Pressure Second Order Upwind Second Order Upwind Turbulent Kinetic Energy Second Order Upwind Second Order Upwind Transient Formulation Pressure Forcen Flux Formulation Pressure Transient Help Help

Na položke Solution Controls nenastavujeme nič. Klikneme na Monitors, nastavíme sa v okne Residuals, Statistic and Force Monitors na Residuals – Print, Plot a klikneme na tlačidlo Edit. Otvorí sa nám okno Residuals Monitor, kde ponecháme zaškrtnuté Print to Console a Plot a v rolovacom okne Convergence Criterion nastavíme none. Síce sa udáva, že pri hodnotách rezíduí pod 0,001 sú výsledky konvergované, ale osobná skúsenosť ukazuje, že je potrebné sledovať, kedy sa ustália sily pôsobiace na objekt. Z toho dôvodu sme nezadali konvergenčné kritériá, pri ktorých by sa výpočet prerušil. Pokračujeme kliknutím na tlačidlo OK.

Meahing Methode Monitors X General Models Residuals, Statistic and Force Monitors Coptions Equations General Models Statistic - Off Pint to Console Residual Monitors Cel Zone Conditions Boundary Conditions Boundary Conditions Create V Edt Delete Statistic - Off Dynamic Mesh Stafe Monitors Curves Axes Residual Values Dynamic Mesh Stafe Monitors Residual Values	File Mesh Define S	olve Adapt Surface Display Report Par	allel View Help	
Mesh Generation Residuals, Statistic and Force Monitors Solution Setup Beschule - Print, Pot General Beschule - Print, Pot Models Phases Models Phases Coll Zone Conditions Create - Edit Deletes Dynamic Mesh Surface Monitors Dynamic Mesh Surface Monitors	Meshing	Monitors	Residual Monitors	X
Solution Derations to Store Nermalize Derations	Mesh Generation Solution Setup General Models Materials Phases Cell Zone Conditions Boundary Conditions Boundary Conditions Mesh Interfaces Dynamic Mesh Reference Values Solution	Residuals, Statistic and Force Monitors Residuals - Ports, Pot Statistic - Off Oreate Edit Delete Surface Monitors	Options Print to Console Print to Console Window Iterations to Plot Iterations to Store Iterations to Store	Equations Residual Monitor Vertext Ve

Aby sme mohli vidieť ustálenie síl pôsobiacich na profil v okne *Residuals, Statistic and Force Monitors* klikneme na rolovacie okno Create a odklikneme Drag.... Týmto sa nám otvorí okno Drag Monitor. V okne *Wall Zones* vyberieme wall_ps aj wall_ss a v okne *Options* zaškrtneme Plot a vo *Window* dáme 2. Týmto sme zadefinovali, že v okne 2 budeme sledovať pôsobenie sily v smere osi x na profil krídla.

🞴 airfoiltut Fluent@DES	KTOP-QJ25NAV [2d, dp, pbns, sstkw]		
File Mesh Define So	lve Adapt Surface Display Report Parallel Vi	ew Help	
📖 💕 🕶 🛃 🕶 🗟	⑧ 😌 🕂 € € 🗡 🔍 洗 🖷 • 🗆 •		
Meshing	Monitors	Trag Monitor	×
Mesh Generation	Residuals, Statistic and Force Monitors	Name Wall Zon	nes 🕽 🗉 🗉
Solution Setup	Residuals - Print, Plot	cd-1 wal_ps	
General	Statistic - Off	Options wal_ss	
Models		Print to Console	
Phases		✓ Plot	
Cell Zone Conditions	Create - Edt Delate	Window	
Mesh Interfaces	Create Cuttin Debete	2 Curves Axes	
Dynamic Mesh		Write	
Solution		File Name	
Solution Methods		cd-1-history	
Solution Controls		Per Zone	
Monitors Solution Initialization	Curter Etc. Duble	Average Over(Iterations)	
Calculation Activities	Create Edit Delete	1	
Run Calculation	Volume Monitors	Earse Vester	
Results			
Plots			
Reports			
	Create Edit Delete	Save Output Parameter	
	Convergence Monitors	OK Plot Clear Cancel	Help

Tento postup zopakujeme s tým, že v okne *Residuals, Statistic and Force Monitors* klikneme na rolovacie okno *Create* a odklikneme *Lift*. Otvorí sa okno *Lift Monitor*. V okne *Wall Zones* vyberieme wall_ps aj wall_ss a v okne *Options* zaškrtneme *Plot* a vo *Window* dáme 3. Kliknem na tlačidlo *OK*. Týmto sme zadefinovali, že v okne 3 budeme sledovať pôsobenie sily v smere osi y na profil krídla. Nastavíme sa na *Solution Initialization* a klikneme na tlačidlo *Initialize*. Týmto sa nám simulácia inicializuje. Ďalšiu položku *Calculation Activities* preskočíme, pretože nebudeme nastavovať automatické ukladanie. Ostáva len spustenie simulácie a to tak, že klikneme na položku *Run Calculation* a v okne *Number of Iterations* nastavíme predpokladaný počet iterácií. Dajme 100 a klikneme na tlačidlo *Calculate*. Po ukončení výpočtu sa pozrime na priebeh iterácií. Mali by sme mať nasledovné výsledky.



Z uvedených priebehov rezíduí a priebehu odporu a vztlaku, by sme mohli nadobudnúť dojem, že je výpočet konvergovaný. Rezíduá klesli pod 10⁻³ a priebehy odporu a vztlaku sú ustálené. Nie je to však tak.

Nastavíme sa na položku *Monitors* pod *Solution* a v okne *Residuals, Statistic and Force Monitors* sa nastavíme na *cd-1–Plot*. Klikneme na tlačidlo *Edit*. Klikneme na tlačidlo *Clear*. Zobrazí sa okno s otázkou *Ok to discard Drag monitoring data*? Potvrdíme *Yes*. OK. Nastavíme na *cl-1–Plot*. Klikneme na tlačidlo *Edit*. Klikneme na tlačidlo *Clear*. Zobrazí sa okno s otázkou *Ok to discard Lift monitoring data*? Potvrdíme *Yes*. OK. Nastavíme na *cl-1–Plot*. Klikneme na tlačidlo *Edit*. Klikneme na tlačidlo *Clear*. Zobrazí sa okno s otázkou *Ok to discard Lift monitoring data*? Potvrdíme *Yes*. OK. Týmto sme vymazali priebehy odporu a vztlaku. To sme urobili preto, lebo v skutočnosti sa tieto priebehy naďalej pohybujú, ale my to vzhľadom na veľké úvodné výkyvy nevidíme.

Nastavíme sa na *Run Calculation*. Do okna *Number of Iteration* dáme 1000 a klikneme na tlačidlo *Calculate*. Po ukončení výpočtu sa znova pozrieme na priebehy.



Rezíduá sú pod 10⁻⁸ a priebehy odporu a vztlaku sa môžu hýbať na úrovni ôsmeho desatinného miesta. Z toho dôvodu budeme považovať výpočet za konvergovaný a môžeme sa pozrieť na dosiahnuté výsledky.

Pod položkou *Results* sa nastavíme na *Reports* a v okne *Reports* na *Forces*, Set Up... Otvorí sa okno *Force Reports*.

Options Direction Vector Wall Zones [2] [2] [2] Image: Solution of Pressure X 1 V Image: Solution of Pressure V Z Image: Solution of Pressure V Wall Name Pattern Image: Solution of Pressure V Match Save Output Parameter Image: Solution of Pressure Print Write Close Help	Force Reports		\times	
Wall Name Pattern Match Save Output Parameter Print Write Close Help	Options • Forces Moments Center of Pressure	Direction Vector X 1 Y 0 Z 0	Wall Zones 🕽 🛢 = wall_ps wall_ss	
Print Write Close Help	Wall Name Pattern Matcl Save Output Parameter			
	Print	/rite Close	Help	

Klikneme na *Set Up*.... Vo *Wall Zones* máme označené wall_ps aj wall_ss. V okne *Direction Vector* je v okne X číslo 1 a v okne Y 0. Klikneme na *Print* a zobrazia sa nám sily pôsobiace na profil v smere osi X. (Ak by sme klikli na tlačidlo *Write*... výsledky by sa nám zapísali do textového súboru).

Program ANSYS Fluent vypíše výsledky v nasledovnom formáte. *Forces – Direction Vector (1 0 0)* označuje, že výsledky sú vyjadrené k smeru osi X, tj. ide o výsledky odporových síl. Prvé 3 stĺpce s výsledkami sú sily (v newtonoch) - Forces (n). Pod stĺpcom *Pressure* sú výsledky tlakovej sily pôsobiacej na hornú a dolnú stranu profilu. Riadok *Net* označuje sumu. Pod stĺpcom *Viscous* sú výsledky trecej sily. Stĺpec *Total* je súčet tlakovej a trecej sily. Ďalšie 3 stĺpce sú výsledky koeficientov (tlakového, trecieho a celkového). Pre nás je dôležitá celková odporová sila s hodnotou 3,4775676 N a koeficient odporu 0,028388307.

Forces - Direction	Vector (1 0 0) Forces (n)			Coefficients		
Zone	Pressure	Viscous	Total	Pressure	Viscous	Total
wall ps	1.0381243	0.70115067	1.739275	0.0084744843	0.0057236789	0.014198163
wall_ss	1.036933	0.7013596	1.7382926	0.0084647589	0.0057253845	0.014190143
Net	2.0750573	1.4025103	3.4775676	0.016939243	0.011449063	0.028388307

Obdobným spôsobom sa pozrieme na výsledky sily v smere osi Y, tj. vztlak. V okne *Direction Vector* je v okne X číslo dáme 0 a v okne Y 1. Klikneme na *Print*. Celková vztlaková sila má hodnotou 0,015339669 N a koeficient vztlaku 0.00012522179.

Γ	Forces - Direction Vector	(010)					
		Forces (n)			Coefficients		
	Zone	Pressure	Viscous	Total	Pressure	Viscous	Total
	wall ps	-39.149495	-0.027423775	-39.176919	-0.31958771	-0.00022386755	-0.31981158
	wall_ss	39.164865	0.02739376	39.192258	0.31971318	0.00022362253	0.3199368
	Net	0.015369684	-3.0014407e-05	0.015339669	0.00012546681	-2.4501556e-07	0.00012522179

Dosiahnuté výsledky sú logické. Vztlaková sila je veľmi malá a vzhľadom k tomu, že je obtekaný symetrický profil s uhlom nábehu 0°, tak vztlaková sila by mala byť veľmi blízka nule.

V okne *Force Reports* je možné kliknúť na *Moments* a zistiť otáčavý moment ktorý vyvolá prúdiaci vzduch okolo profilu krídla. Je tu však potrebné zadefinovať súradnice x, y, voči ktorým chceme moment určiť. Ďalej sa pozrieme na priebeh tlakového koeficientu.

Pod položkou *Results* sa nastavíme na *Plots* a v okne *Plots* na *XY Plot, Set Up....* Otvorí sa okno *Solution XY Plot.* V okne *Surfaces* máme označené wall_ps a wall_ss. V *Plot Direction* máme v okne X 1 a v okne Y 0. V roletovom menu *Y Axis Function* si pod Pressure vyberieme *Pressure Coefficient*.

Solution XY Plot		×	
Options P Position on X Axis Position on Y Axis Write to File Order Points File Data E	Not Direction Y Axis Fu Y 0 Y Axis Fu Pressure Pressure X Axis Fu Direction Surfaces velocity wal_ps Load File Free Data New Sur	nction coefficient coefficien	

Klikneme na tlačidlo Axes... . Otvorí sa okno Axes – Solution XY Plot a v okne Axis sa prepneme na Y. V okne Number Format z roletového menu vyberieme general. Apply> Close> Plot.

Axes - Solution XY Plot		×	
Axis X Y Label	Number Format Type general Precision	Major Rules Color foreground Weight	
Options Log Auto Range Major Rules Minor Rules	Range Minimum 0 Maximum 0	Minor Rules Color dark gray Weight 1	
	Apply Close Help		

Zobrazí sa nasledovný priebeh. Výsledky tlakového koeficientu sa na tlakovej aj sacej strane prekrývajú, pretože tlakové pomery sú pri obtekaní symetrického profilu s uhlom nábehu 0°rovnaké. Na nábehovej hrane (nábehovom bode) profilu je bod stagnácie. Je tam najvyšší tlak. Hodnota tlakového koeficientu je rovná 1. Hodnota tlaku za nábehovou hranou smerom k odtokovej hrane najprv klesá a prechádza do záporných hodnôt. A od pozície 0,07m od nábehovej hrany stúpa, stále však vyjadruje podtlak, až do vzdialenosti 0,4 m od nábehovej hrany. Čiže 10 cm pred odtokovou hranou je okolo profilu pretlak.



Zobrazíme si distribúciu tlaku okolo profilu krídla pomocou izoplôch. Pod položkou *Results* sa nastavíme na *Graphics and Animations* a v okne *Graphics* na *Contours, Set Up...* Zaškrtneme *Filled* a v položke *Contours of* ponecháme *Pressure* a *Static Pressure*. Klikneme na tlačidlo Display. Zobrazí sa nasledovný obrázok, ktorý vyjadruje to, čo sme videli na priebehu tlakového koeficientu.



V prípade, že chceme jemnejšie prechody farieb, v okne *Levels* nastavíme vyššiu hodnotu ako 20, maximálne 100. Obdobným spôsobom môžeme zobraziť aj priebehy iných veličín okolo profilu, napr. rýchlosti. V položke *Contours of* vyberieme z roletového menu *Velocity…* a *pod* tým *X Velocity*.



Ešte si zobrazíme vektory prúdenia okolo profilu nasledovným spôsobom. Pod položkou *Results* sa nastavíme na *Graphics and Animations* a v okne *Graphics* na *Vectors, Set Up..., Display*. Po priblížení dostaneme nasledovný obrázok. Simuláciu si uložíme File>Write>Case&Data



Simuláciu s prúdením s uhlom nábehu 10° riešime obdobne ako predchádzajúcu. Klikneme na *Boundary Conditions>velocity inlet>Edit*. Do okna *X-Component of Flow Direction* vpíšeme kosínus uhla nábehu. V našom prípade je uhol nábehu 10°, teda vpíšeme 0,9848078. Do okna *Y-Component of Flow Direction* vpíšeme sínus uhla nábehu. V našom prípade vpíšeme 0,1736452. *OK*.

•		<u> </u>		
	Velocity Inlet		×	\times
	Zone Name			
	velocity_inlet			
	Momentum Thermal Radiation Species	DPM Multiphase U	DS	
	Velocity Specification Method	Magnitude and Direction	~	7
	Reference Frame	Absolute	~	-
	Velocity Magnitude (m/s)	20	constant ~	-
	Supersonic/Initial Gauge Pressure (pascal)	0	constant	
		•	constant v	
	X-Component of Flow Direction	0.9848078	constant \checkmark	
	Y-Component of Flow Direction	0.1736482	constant ~	
	Turbulence			
	Specification Method	ntensity and Hydraulic Diam	neter v	
		Turbulent Intensity (9	6) 5 P	
		Hydraulic Diameter (n	n) 12	
			P	
	~	Cancel Help		_
	CK.	Cancel hep		

Ostatné nastavenia ponecháme z predchádzajúcej simulácie. Nastavíme sa na Solution Initialization a klikneme na tlačidlo Initialize. Ak sme predchádzajúcu simuláciu neuložili. Zobrazí sa otázka The current data has not been saved. Ok to discard? OK. Spustíme simuláciu. Run Calculation. Do okna Number of Iterations dáme napr. 1100 a klikneme na tlačidlo Calculate. Po ukončení výpočtu pod položkou Results sa nastavíme na Reports a v okne Reports na Forces, Set Up... Otvorí sa okno Force Reports. V okne Direction Vector je v okne X číslo 1 a v okne Y 0. Klikneme na Print a zobrazia sa nám sily pôsobiace na profil v smere osi X.

Forces - Direction	Vector (1 0 0)			Coofficients		
Zone wall_ps wall_ss	Pressure 8.7948198 -17.757135	Viscous 0.64945643 0.46888492	Total 9.4442762 -17.28825	0.071794447 -0.1449562	Viscous 0.0053016852 0.003827632	Total 0.077096133 -0.14112857
Net	-8.9623151	1.1183413	-7.8439737	-0.073161756	0.0091293171	-0.064032439

Obdobným spôsobom sa pozrieme na výsledky sily v smere osi Y. V okne *Direction Vector* je v okne X číslo dáme 0 a v okne Y 1. Klikneme na *Print.*

Forces - Direction Vector	r (010)					-
Zone wall_ps wall_ss	Forces (n) Pressure -2.8519498 84.549847	Viscous 0.046578698 0.13837646	Total -2.8053711 84.688224	Coefficients Pressure -0.023281223 0.69020283	Viscous 0.00038023427 0.0011296038	Total -0.022900989 0.69133244
Net	81.697897	0.18495516	81.882852	0.66692161	0.001509838	0.66843145

Máme výsledky, ale treba mať na pamäti ako je definovaná odporová a vztlaková sila. Odporová sila pôsobí, proti smeru prúdenia a vztlaková sila je kolmá na smer prúdenia. Lenže uvedené výsledky nám toto nezobrazujú. Sú to výsledky síl v smere osí X a Y, čiže z uvedených výsledkov vieme hodnoty axiálnej (A) a normálovej sily (N). Výsledky odporovej sily (D) a vztlakovej (L) si môžeme dopočítať, alebo vo *Force Report*, do okna *Direction Vector* pri smere X vpíšeme údaj ktorý sme zadávali pri *velocity inlet*, čiže 0,9848078 a do smeru Y 0,1736452. *Print*. Zobrazia sa výsledky odporovej sily a koeficient odporu.

Forces - Direction Vector	(0.9848078 0.17 Forces (n)	36452 0)		Coefficients		
Zone wall_ps wall_ss	Pressure 8.1659836 -2.8056912	Viscous 0.64767823 0.48579016	Total 8.8136618 -2.319901	Pressure 0.066661091 -0.022903601	Viscous 0.0052871693 0.003965634	Total 0.07194826 -0.018937967
Net	5.3602924	1.1334684	6.4937608	0.043757489	0.0092528032	0.053010292

Do okna *Direction Vector* pri smere X vpíšeme -0,1736452 a do smeru Y 0,9848078. *Print*. Zobrazia sa výsledky vztlakovej sily a koeficient vztlaku.

Forces - Direction Vector	r (-0.1736452 0.9	848078 0)		Coofficients		
Zone wall_ps	Pressure -4.3358027	Viscous -0.066903959	Total -4.4027067	Pressure -0.035394308	Viscous -0.00054615477	Total -0.035940463
wall_ss 	86.348831	0.054854631	86.403685	0.70488841	0.0004477929	0.70533621
Net	82.013028	-0.012049328	82.000979	0.66949411	-9.8361863e-05	0.66939574

Tak ako v predchádzajúcom prípade, pozrieme na priebeh tlakového koeficientu. Pod položkou *Results* sa nastavíme na *Plots* a v okne *Plots* na *XY Plot, Set Up....* Otvorí sa okno *Solution XY Plot.* V okne *Surfaces* máme označené wall_ps a wall_ss. V *Plot Direction* máme v okne X 1 a v okne Y 0. V roletovom menu *Y Axis Function* si pod Pressure vyberieme *Pressure Coefficient*. Klikneme na tlačidlo *Axes...* . Otvorí sa okno *Axes – Solution XY Plot* a v okne *Axis* sa prepneme na Y. V okne *Number Format* z roletového menu vyberieme *general*. Apply> Close> Plot. Zobrazí sa nasledovný obrázok.



Vieme z priebehu stanoviť to, že bod stagnácie, čiže miesto s najvyšším pôsobením tlaku je na tlakovej strane vo vzdialenosti 7 mm od nábehovej hrany (nábehového bodu) v smere osi X. Od vzdialenosti 10 cm od nábehovej hrany je tlak na tlakovej strane záporný a smerom k odtokovej hrane sa blíži k nule. Na sacej strane ide priebeh do podtlaku. Podtlak sa najme posledných 10 cm blíži nule. Takýto priebeh tlakového koeficientu hovorí o tom, že úsek profilu pri odtokovej hrane nevyvíja vztlak.

Z dôvodu vizualizácie si zobrazíme distribúciu tlaku okolo profilu. Pod položkou *Results* sa nastavíme na *Graphics and Animations* a v okne *Graphics* na *Contours, Set Up...* Zaškrtneme *Filled* a v položke *Contours of* ponecháme *Pressure* a *Static Pressure*. Klikneme na tlačidlo Display. Zobrazí sa nasledovný obrázok.







Tieto obrázky nám ukazujú, že nad sacou stranou pri odtokovej hrane je oblasť spätného prúdenia, teda separácie prúdu od profilu. To je aj vysvetlením prečo hodnoty tlakového koeficientu sú blízke nule. Pod položkou *Results* sa nastavíme na *Graphics and Animations* a v okne *Graphics* na *Vectors, Set Up...*, *Display*. Po priblížení k odtokovej hrane profilu dostaneme nasledovný obrázok.



Pod položkou *Results* sa nastavíme na *Graphics and Animations* a v okne *Graphics* na *Contours, Set Up*...Odškrtneme *Filled* a v položke *Contours of* dáme *Velocity...* a *Stream Function.* Klikneme na tlačidlo Display. Zobrazí sa nám obrázok, kde vidíme akým smerom prúdi na profil vzduch.



My sa však chceme pozrieť na prúdenie okolo profilu detailnejšie, preto Levels nastavíme na 50 a odškrtneme Auto Range. Do okien Min a Max dáme 168 a 173. Display.

Contours	~	
Options	Contours of	
Filed	Velocity ~	
Global Range	Stream Function \sim	
Auto Range	Min (kg/s) Max (kg/s)	
Clip to Range	168 173	
Draw Mesh	Surfaces 🔰 🔳 =	
	Interior-surface_body	
Levels Satur	pressure_outlet	
SO A I	surface_body	
	velocity_inlet	
	wai_ps v	
Surface Name Pattern	New Surface *	
Match	Surface Turner	
P	Surface Types	
	dats A	
	exhaust-fan	
	fan	
Display	Compute Class Halo	
Display	compute close Help	

