



A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2011

CALCULUL FORȚEI AERODINAMICE ȘI DISTRIBUȚIEI DE PRESIUNI PENTRU UN COȘ VERTICAL

Dorian NEDELCU, Draghița IANICI, Marian-Dumitru NEDELONI,
Daniel DAIA, Florentin Mirel POP, Raoul Cristian AVASILOAIE

AERODYNAMIC FORCE AND PRESSURE DISTRIBUTION CALCULUS FOR A VERTICAL FUNNEL

The objective of the application is to determine the aerodynamic force and pressure distribution resulted from wind action applied on a vertical funnel with diameter $D = \varnothing 3$ m and height $H = 54$ m. The velocity of the air stream is 20 m/s and air density is 1.2 kg/m^3 . The objective of the application is to compare the results predicted by Solid Works Flow Simulation with experimental data.

Keywords: aerodynamic forces, pressure distribution, Flow Simulation
Cuvinte cheie: forță aerodinamică, distribuție presiuni, Flow Simulation

1. Introducere

Scopul prezentei aplicații este de a calcula forța aerodinamică și distribuția de presiuni pentru trei secțiuni orizontale, rezultate din interacțiunea dintre coșul vertical $D = \varnothing 3$ m x $H = 54$ m și curentul de fluid, figura 1. Viteza curentului de aer este orientată pe direcția X+ și are valoarea 20 m/s. Baza coșului se află în planul Top (XZ), iar cele trei secțiuni orizontale sunt dispuse la înălțimile 13,5, 27 și 40,5 m.

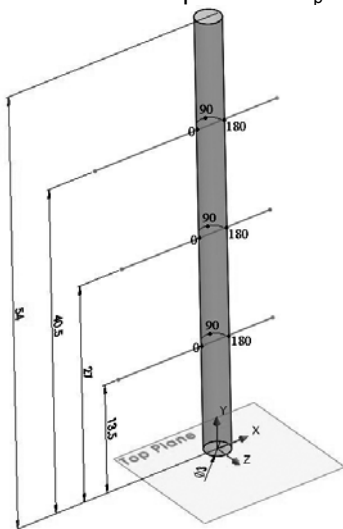
2. Modelul analizat

Într-o secțiune orizontală (suficient de depărtată față de capetele coșului), într-un punct de pe circumferință, precizat de unghiul

la centru θ , presiunea se obține prin coeficientul local de presiune, exprimat în scară manometrică prin relația (1).

$$p = C_p \rho \frac{V^2}{2} \quad (1)$$

Tabelul 1 și figura 2 prezintă valorile experimentale ale coeficientului de presiune C_p funcție de unghiul θ [1].



Tabelul 1

θ grd.	L mm	C_p -	p Pa
0	0.00	1.00	240
20	0.52	0.55	132
40	1.05	-0.50	-120
60	1.57	-1.70	-408
80	2.09	-2.37	-569
100	2.62	-2.10	-504
120	3.14	-1.10	-264
140	3.67	-0.65	-156
160	4.19	-0.40	-96
180	4.71	-0.25	-60

Fig. 1 Coș vertical și poziția celor trei secțiuni orizontale

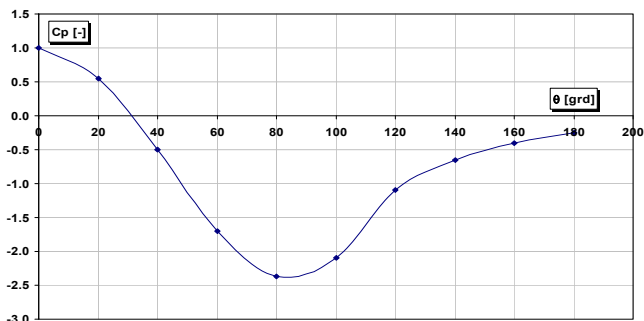


Fig. 2 Valorile experimentale ale coeficientului de presiune C_p funcție de unghiul θ

În tabelul 1, presiunea manometrică este calculată prin relația (1), iar lungimea L , calculată prin relația (2), reprezintă lungimea desfășurată a arcului subîntins de unghiul θ .

$$L = \frac{D}{2} \theta \frac{\pi}{180} \quad (2)$$

Originea unghiului θ este la intersecția axei X - cu cercul $\varnothing 3$ al secțiunii, 90° corespunde intersecției cu axa Z -, iar 180° corespunde intersecției cu axa X +, figura 1.

Forța aerodinamică se calculează cu relația (3), unde valoarea coeficientului $C_x = 0,55$ este determinată experimental pentru raportul $H/D = 54/3 = 18$ [1].

$$F_x = \frac{1}{2} C_x \rho H D V^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,55 \cdot 1,2 \cdot 54 \cdot 3 \cdot 20^2 = 21384 \text{ N} \quad (3)$$

3. Descrierea aplicației

3.1. Crearea geometriei coșului, în succesiunea:

- Crearea unui nou fișier;
- Stabilirea sistemului de unități;
- Creare schiță inițială în planul Top (XZ): cerc $D = \varnothing 3$;
- Extrudare cerc pe înălțime $H = 54$ m;
- Crearea geometriei suplimentare; geometria suplimentară

va fi necesară la vizualizarea rezultatelor studiului de curgere; vor fi create cele trei curbe din figura 1, la înălțimile 13,5, 27 și 40,5 m, precum și un plan paralel cu planul Top, la distanța 13,5 m față de baza coșului.

3.2. Activare modul Flow Simulation

Modulul Flow Simulation este inclus în Solid Works și poate analiza fenomene complexe [2], [3], [4]: analize 2D și 3D, curgeri interne și externe, curgeri permanente și tranzitorii, lichide incompresibile și compresibile, condensarea vaporilor de apă (abur), curgeri laminare și turbulente, cavitație, curgeri cu transfer de căldură între fluide și solide, curgeri în corpuri rotitoare, curgeri cu vârtej. Odată instalat, modulul Flow Simulation poate fi activat în Solid Works din meniul Tools→Add-Ins, ceea ce va provoca adăugarea barei de meniu Flow Simulation la meniul principal Solid Works.

3.3. Creare proiect simulare curgere

Un proiect de simulare a curgerii conține toate datele și rezultatele unei probleme. Fiecare proiect este asociat unei configurații

Solid Works. Prin modificarea unui proiect este posibilă analizarea curgerii pentru diferite condiții și modificări de geometrie. Din meniul Flow Simulation→Project→Wizard se va crea un proiect cu proprietățile din tabelul 2:

Tabelul 2

Nume configurație	Cos3x54
Sistem de unități	SI (m-kg-s)
Tip analiză Procese fizice avansate	Externă Inexistente
Tip fluid	Gas → Aer
Condiții pentru pereți	Se acceptă valorile implicite
Condiții inițiale	Viteza pe direcția X 20 m/s
Rezoluție inițială	3 Automatic Settings

3.4. Definire tip analiză și volum de control

În această aplicație vom efectua o analiză tridimensională (3D), pe volumul de control $X = +16,5 \div -10,5$ m, $Y = +63 \div -9$ m, $Z = +10,5 \div -10,5$ m, figura 3.

3.5. Specificare criteriu de convergență

Forța aerodinamică se poate determina specificând criteriile de convergență (goals). Pentru această aplicație, va fi specificată componenta forței **X - Component of Force** ca și criteriu global de convergență. Aceasta va asigura convergența soluției, deoarece calculul nu se va finaliza până când componenta nu va fi convergentă pe întreg volumul de control.

3.6. Calcul studiu de curgere

Se declanșează print meniul Flow Simulation→Solve→Run. Flow Simulation va realiza discretizarea volumului de control, prin divizarea volumului de control în secțiuni, care vor fi ulterior subdivizate în celule.

3.7. Vizualizare rezultate

Rezultatele pot fi vizualizate prin instrumente specifice: Goal Plot, Cut Plot, XY Plots, Surface Plots, Flow Trajectories. Instrumentul Cut Plot afișează rezultatele parametrului selectat într-una sau mai multe secțiuni, specificate prin intermediul panoului SolidWorks sau ale modelului analizat.

Figura 4 prezintă distribuția presiunii relative pentru trei secțiuni dispuse la înălțimile 13,5, 27 și 40,5 m.

4. Comparația rezultatelor simulare cu valori experimentale

Valoarea forței aerodinamice furnizată în Excel prin opțiunea Goal Plot este **20780 N**, comparativ cu valoarea **21384 N**, calculată prin relația (3). Valorile minime/maxime experimentale ale presiunii relative sunt **-569/240 Pa**, iar cele rezultate din simulare sunt **-405/284 Pa**. Graficul din figura 5 prezintă curba presiunii relative determinată experimental, conform tabelului 1 și figurii 2, comparativ cu rezultatele din studiul Flow Simulation din tabelul 3.

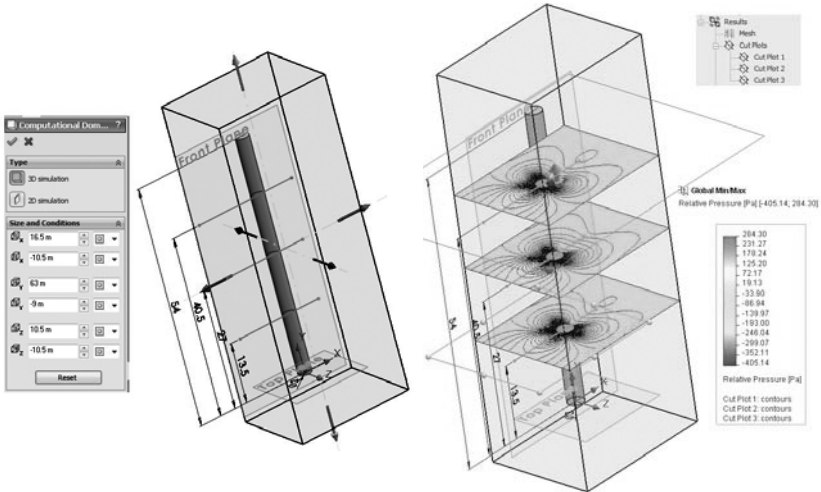


Fig. 3 Volumul de control al analizei

Fig. 4 Distribuție presiune relativă pentru trei secțiuni orizontale

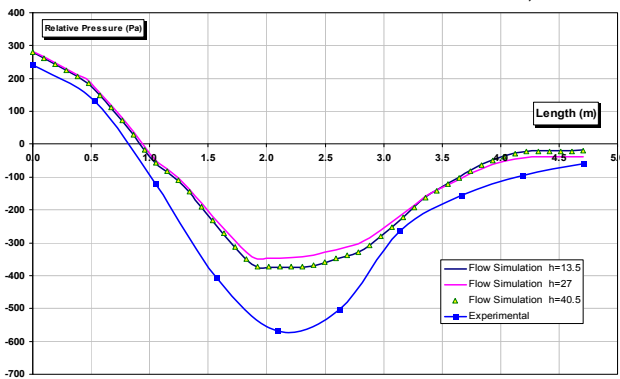


Fig. 5 Comparație presiune relativă determinată experimental și prin modulul SolidWorks Flow Simulation

Tabelul 3

h=13,5		h=27		h=40,5	
Length (m)	Relative Pressure (Pa)	Length (m)	Relative Pressure (Pa)	Length (m)	Relative Pressure (Pa)
0.00	280.86	0.00	283.29	0.00	280.86
0.10	261.79	0.10	265.30	0.10	261.97
0.19	242.73	0.19	247.30	0.19	243.09
0.29	223.66	0.29	229.30	0.29	224.20
0.38	205.17	0.38	211.84	0.38	205.88
0.48	184.29	0.48	191.92	0.48	185.18
0.58	148.27	0.58	156.54	0.58	149.37
0.67	110.22	0.67	119.08	0.67	111.53
0.77	70.76	0.77	80.15	0.77	72.30
0.86	27.83	0.86	37.72	0.86	29.60
0.96	-18.83	0.96	-8.45	0.96	-16.80
1.06	-59.16	1.06	-48.60	1.06	-56.91
1.15	-85.31	1.15	-74.99	1.15	-82.94
1.25	-112.32	1.25	-102.24	1.25	-109.83
1.34	-147.00	1.34	-136.21	1.34	-144.36
1.44	-192.45	1.44	-179.59	1.44	-189.64
1.54	-234.40	1.54	-219.26	1.54	-231.44
1.63	-275.28	1.63	-257.70	1.63	-272.18
1.73	-315.17	1.73	-294.80	1.73	-311.94
1.82	-352.74	1.82	-329.43	1.82	-349.39
1.92	-375.00	1.92	-349.26	1.92	-371.61
2.02	-375.29	2.02	-348.03	2.02	-371.99
2.11	-375.36	2.11	-346.64	2.11	-372.15
2.21	-375.35	2.21	-345.18	2.21	-372.23
2.30	-375.00	2.30	-343.49	2.30	-371.97
2.40	-369.83	2.40	-338.29	2.40	-367.07
2.50	-359.92	2.50	-329.66	2.50	-357.61
2.59	-349.93	2.59	-320.97	2.59	-348.08
2.69	-339.80	2.69	-312.20	2.69	-338.43
2.78	-329.58	2.78	-303.36	2.78	-328.70
2.88	-308.63	2.88	-285.44	2.88	-308.36

Tabelul 3

h=13,5		h=27		h=40,5	
Length (m)	Relative Pressure (Pa)	Length (m)	Relative Pressure (Pa)	Length (m)	Relative Pressure (Pa)
2.98	-280.69	2.98	-261.59	2.98	-281.05
3.07	-251.80	3.07	-236.90	3.07	-252.75
3.17	-221.57	3.17	-211.02	3.17	-223.07
3.26	-190.78	3.26	-184.62	3.26	-192.75
3.36	-160.11	3.36	-158.28	3.36	-162.48
3.46	-139.02	3.46	-140.00	3.46	-141.33
3.55	-119.07	3.55	-122.80	3.55	-121.27
3.65	-100.42	3.65	-106.86	3.65	-102.52
3.74	-80.47	3.74	-89.80	3.74	-82.47
3.84	-62.24	3.84	-74.28	3.84	-64.17
3.94	-47.96	3.94	-62.22	3.94	-49.85
4.03	-36.57	4.03	-52.70	4.03	-38.44
4.13	-27.74	4.13	-45.45	4.13	-29.62
4.22	-21.09	4.22	-40.09	4.22	-22.99
4.32	-19.88	4.32	-39.18	4.32	-21.86
4.42	-19.48	4.42	-38.90	4.42	-21.55
4.51	-19.10	4.51	-38.62	4.51	-21.25
4.61	-18.77	4.61	-38.36	4.61	-21.00
4.70	-18.44	4.70	-38.10	4.70	-20.75

5. Concluzii

Din analiza efectuată se desprind următoarele concluzii:

- Abaterea dintre valoarea experimentală a forței aerodinamice și cea rezultată din simulare este de 2,82 %.

- Curbele presiunii relative rezultate din simulare din figura 5 confirmă o alură apropiată cu cea a curbei determinată experimental, cu diferențe puțin mai mari în zona centrală.

- De asemenea curbele presiunii relative rezultate din simulare din figura 5 sunt mai apropiate pentru înălțimile 13,5 și 40,5 m comparativ cu cea de la înălțimea 27 m.

- Analiza 3D a impus discretizarea în 141872 de elemente finite pentru nivelul 3 impus al rezoluției inițiale.

Notă: Autorii mulțumesc pentru sprijinul acordat de Fondul Social European Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane (FSE POSDRU), prin Ministerul Muncii, Familiei și Protecției Sociale prin cofinanțarea proiectului “Exelență în cercetare prin programe postdoctorale în domenii prioritare ale societății bazate pe cunoaștere (EXCEL)” POSDRU/89/1.5/S/62557.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Iamandi, C., Petrescu, V., Sandu, L., Damian, R., Anton, A., Degeratu, M., *Hidraulica instalațiilor. Elemente de calcul și aplicații*, Editura tehnică, București, 1985,
- [2] * * * Dassault Systems, *SolidWorks Flow Simulation 2010 Technical Reference*, 2010.
- [3] * * * Dassault Systems, *SolidWorks Flow Simulation Tutorial 2010*, 2010.
- [4] * * * Dassault Systems, *Flow Simulation 2010 Online User's Guide*, 2010.

Prof.Dr.Ing. Dorian NEDELCU
Universitatea Eftimie Murgu Reșița
e-mail: d.nedelcu@uem.ro

Asist. Drd.Ing. Draghița IANICI,
Universitatea Eftimie Murgu Reșița
e-mail: d.ianici@uem.ro

Prep. Drd.Ing. Marian-Dumitru NEDELONI
Universitatea Eftimie Murgu Reșița
e-mail: m.nedeloni@uem.ro

Drd.Ing. Daniel DAIA
Universitatea Eftimie Murgu Reșița
e-mail: d.daia@uem.ro

Drd.Ing. Florentin Mirel POP
Universitatea Eftimie Murgu Reșița
e-mail: f.pop@uem.ro

Drd.Ing. Raoul Cristian AVASILOAIE
Universitatea Eftimie Murgu Reșița
e-mail: r.avasiloaie@uem.ro