

STUDII PRIVIND ANALIZA, CARACTERIZAREA ȘI MODELAREA SISTEMELOR DE EVACUARE A AERULUI PENTRU DISPOZITIVUL MULTIFUNCȚIONAL μC^3

ing. TUDOR Adrian-Florin¹

Conducător științific: Conf. univ. dr. ing Elena LĂCĂTUȘ

REZUMAT Sistemele de evacuare trebuie să facă aerul să îndeplinească restricțiile de viteză și presiune, în același timp fiind constrânse de un spațiu limitat. Pentru a trece peste aceste probleme s-au analizat diferite tipuri de ventilatoare și configurații ale zonei de evacuare folosind softuri specializate. Integrarea în sistemul de curățare adițională a aerului este îmbinată sinergic cu obiectivele principale prin implementarea unui sistem de filtrare HEPA unic.

CUVINTE CHEIE: sistem evacuare, cameră curată,

1 INTRODUCERE

Lucrarea de față își propune să analizeze și să caracterizeze un sistem de evacuare și filtrare a aerului pentru dispozitivul multifuncțional μC^3 . Dispozitivul multifuncțional μC^3 este un produs-concept ce suplonește nevoia de curățare a camerelor curate izolate și de producție fie în timpul sau în afara orelor de folosință. Cerințele de curățenie impuse de camerele curate sunt necorespunzătoare produselor existente pe piață, de aceea s-a dezvoltat un produs-concept bazat pe aspiratoarele automate iRoomba.

Pentru a se putea filtra aerul în conformitate cu normele de curățenie a camerelor curate s-au analizat diferite variante funcționale pentru a se stabili fluxul de curgere al aerului, caracteristicile filtrului de aer dar și a parametrilor necesari funcționării unui astfel de sistem. Pentru a putea răspunde la aceste întrebări s-a creat un model CAD-3D care să ajute la caracterizare și vizualizare.

Metodele de cercetare folosite au fost: analiza diferitelor variante de sisteme de evacuare și de filtrare a aerului, caracterizarea diferitelor subcomponente ale unui astfel de sistem și modelarea unui prototip.

2 CARACTERIZAREA ȘI MODELAREA SISTEMULUI DE FILTRARE ȘI EVACUARE A AERULUI PENTRU DISPOZITIVUL MULTIFUNCȚIONAL μC^3

Conform standardului ISO 14644-1 la camerele curate de tip ISO-8 ca cea de la CETAL-INFLPR mărimea minimă a particulelor ce trebuie evacuate din camera sunt de 0.5 μm acest lucru restrângându-ne soluțiile constructiv-funcționale.

Un astfel de sistem trebuie să aibă în componență: un ventilator de presiune înaltă ce se comportă ca un compresor și mărește presiunea aerului ce trece prin el, un filtru de aer ce îndepărtează particulele solide de până la 0.5 μm cum ar fi praful, mușchiul, polenul, bacteriile, etc. și o zonă de scădere a vitezei aerului și evacuare a aerului.

2.1 Ventilatorul

Conform celor precizate mai sus un astfel de ventilator se bazează pe principiul diferenței de presiune create de designul elicei ce creează o forță de aspirație. Componentele ce trebuie studiate aici sunt numărul de elice, design-ul elicei, diametrul ventilatorului.

Numărul de elice are un efect considerabil asupra eficienței. De obicei, un ventilator cu mai multe lame va avea o eficiență mai mare, deoarece își distribuie puterea mai uniform. Dar pentru o anumită putere și un anumit volum de aer, mai multe lame înseamnă, de asemenea, lame mai înguste și viteză mai mare de rotație deci zgomot mai mare și eficiență mai mică deci trebuie să avem date despre

¹ Specializarea Ingineria Nanostructurilor și Proceselor Neconvenționale, Facultatea IMST;

E-mail: t.adrian.florin@gmail.com;

puterea motorului ventilatorului și volumul de aer ce trebuie transportat pentru a găsi un număr optim de pale.



Fig 1. Model ventilator cu 5 pale

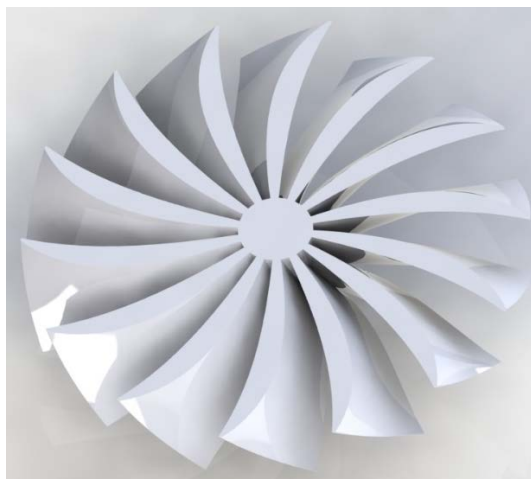


Fig 2. Model ventilator cu 14 pale



Fig 3. Model ventilator cu 27 de pale

Designul palei se face coform teoremei lui Bernoulli ce afirmă că „aerul ce are viteza mai mare are și presiune mai mica” astfel încât moleculele de aer ce se deplasează în jurul lamei se mișcă mai repede pe partea L a lamei (vezi figura 4) decât cele care se deplasează pe partea opusă (H) a lamei (vezi figura 4). Această formă cunoscută sub numele de pală, arată ca o lacrimă inegală. O parte a paletii are o curbă (L) și cealaltă este relativ plată (H). Deoarece aerul se mișcă mai repede pe partea curbată a lamei, există o presiune mai mică asupra acestei părți a lamei. Această diferență de presiune pe laturile opuse ale lamei provoacă lama să fie "ridicată" spre partea curbată a paletii.

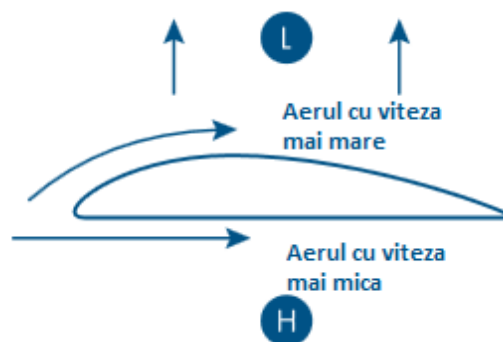


Fig.4 Secțiune în pala ventilatorului[1]

2.2 Sistemul de filtrare

În cazul filtrului de aer alegerea este destul de simplă deoarece mărimea minimă necesară a particulelor eliminate fiind dată de standardul camerelor curate ISO14644-1, mai exact camerele curate de tipul ISO-8 (vezi Anexa 1) adică mărimea minimă a particulelor să fie de 5μm iar pentru a alege tipul de filtru cu această constrângere ne uităm la standardul BS EN779 creat de European Normalisation standards (vezi tabelul 1) și observăm că filtrele HEPA și ULPA sunt cele care ne îndeplinesc cerințele. Dar filtrele ULPA sunt prea costisitoare și sunt recomandate ca soluții pentru sistemele cu grade ridicate de eficiență cum ar fi camerele curate ISO3.

Tabelul 1 Standardul de filtre de aer BS EN1411[2]

Nume	Cls.	Eficiența	Test performanța	Marimea particulelor ce se ce apropie de filtrare 100%
Semi HEPA	E10	85%	Minimum value	>1 μm
	E11	95%	Minimum value	>0.5 μm
	E12	99.5%	Minimum value	>0.5 μm
HEPA	H13	99.95%	Minimum value	>0.3 μm
	H14	99.995%	Minimum value	>0.3 μm
ULPA	U15	99.9995%	Minimum value	>0.3 μm
	U16	99.99995%	Minimum value	>0.3 μm

Filtrele HEPA (High Efficiency Particulate Air) sunt filtre care prind în cantități mari particule mici ce alte sisteme le-ar fi recirculat. Aceste filtre trebuie să îndeplinească standardele de eficiență impuse de DOE (United States Departament of Energy) (vezi tabelul 2).

Tabelul 2 Standard de filtre HEPA[3]

Particule de 0,3 um in diametru		
Clasa	Retinere(totala)	Retinere(locala)
E10	> 85%	---
E11	> 95%	---
E12	> 99.5%	---
H13	> 99.95%	> 99.75%
H14	> 99.995%	> 99.975%
U15	> 99.9995%	> 99.9975%
U16	> 99.99995%	> 99.99975%
U17	> 99.999995%	> 99.9999%

Filtrele HEPA sunt compuse dintr-o bucată paralelipedică ce are în componență fibre aranjate aleator. Fibrele sunt de obicei compuse din fibră de sticlă și au diametre între 0,5 și 2 micrometri. Factorii cheie care afectează funcția principală a filtrelor sunt diametrul fibrelor și grosime filtrului. Spațiul dintre fibrele filtrul HEPA este mult mai mare decât 0,3 um. Presupunerea ca un filtru HEPA se comportă ca o sită în care particule mai mici decât cea mai mare deschidere poate trece prin el este incorectă. Spre deosebire de filtrele cu membrană la aceeași dimensiune a porilor, unde particulele la fel de lată ca cea mai mare deschidere sau distanță dintre fibre nu poate trece printre ele. Filtrele HEPA sunt concepute pentru a viza poluanți și particule mult mai mici decât distanțele dintre fibre. Aceste particule sunt prinse (se lipesc de fibră) printr-o combinație a următoarelor patru mecanisme:

1. Coliziune inerțială – Inerția se manifestă la particule mari și grele suspendate în fluxul de curgere. Aceste particule sunt mai grele decât fluidul care le înconjoară. Când fluidul își schimbă direcția pentru a intra în spațiul dintre fibre, particula își păstrează traiectoria și intră în coliziune cu fibra unde se lipește. Mărimea particulelor fiind de peste 0,4 um



Fig.5 Coliziune a particulelor în filtrul HEPA[4]

2. Difuzie – difuzia se manifestă pe cele mai mici particule deoarece ele nu sunt ținute de loc de fluid ci se împrăștie în fluxul de curgere. Mărimea particulelor fiind de ordinul 0,1 um.(vezi figura 6)



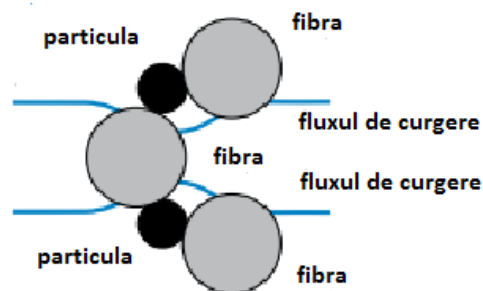
Fig.6. Difuzia particulelor în filtrele HEPA[4]

3. Interceptare – interceptarea directă merge pe particule de mărimi medii care nu sunt destul de mari pentru a avea inerție și nici destul de mici pentru a difuza. Aceste particule de mărimi medii urmăresc fluxul de curgere în timp ce se curbează pe lângă spațiul dintre fibre și sunt prinse când ating fibra. Mărimea particulelor fiind de ordinal 0,3-0,4 um.(vezi figura 7).



Fig.7 Interceptarea particulelor în filtrul HEPA[4]

4. Prindere – Prinderea este cel mai comun mecanism în filtrare, ce constă în prinderea particulelor ce sunt prea mari ca să treacă printre fibre și sunt prinse de acestea.(vezi figura 8)



Prindere

Fig.8 Prinderea particulelor în filtrul HEPA[4]

Dacă am dubla filtrul teoretic am crește de doua ori și viața filtrului deci o suprafață de lucru mai mare ce se interpretează ca o productivitate mai bună, deci dacă creștem suprafață de lucru creind o suprafață de lucru împăturită, aerul este obligat să treacă prin acest sistem și particulele sunt prinse mult mai eficient.

2.3 Sistem de laminare a aerului evacuat

S-a realizat un studiu comparativ între două variante funcționale ale sistemului de evacuare. O variantă cu drumul critic mai lung și o variantă cu drumul critic mai scurt. Ambele soluții tehnice au fost analizate cu un soft de simulare fizică folosind modulul „Turbulent Flow k-ε”, pentru a vedea liniile de câmp și presiunile locale în diferite zone ale pieselor. După cum se poate observa varianta funcțională cu drumul critic mai lung din Anexa 1- figura 1 oferă presiuni și viteze mai mici față de varianta din Anexa 1 - figura 2.

3 CONCLUZII SI REZULTATE

Fluxul de aer ce vine din sistem trebuie să fie filtrat de particule de maxim 5μm – pentru camerele curate ISO-8 și mai mari – care pot fi hidrofobe sau molecule care să aibe densitatea mai mică decât densitatea apei adică 1g/cm³. Filtrarea se poate face cu un filtru HEPA care are o eficiență de 99% în cazul particulelor de 3μm, deci acest sistem se poate folosi și pentru camerele curate până la ISO-6.

Pentru a avea un sistem de ventilație de presiune înaltă ce aspiră trebuie să avem în vedere un ventilator axial la care nu putem să proiectăm palele, să aflăm numărul de pale și diametrul lor fără a ști puterea motorului, debitul de aer transportat, viteza aerului și presiunea aerului.

Pentru a scădea viteza aerului la ieșire trebuie să avem un drum al fluxului de aer cât mai mare.



Fig. 9. Modelarea sistemului de filtrare și evacuare a aerului

4 BIBLIOGRAFIE

[1]<http://www.donaldson.com/en/aircraft/support/datalibrary/042665.pdf> accesat la data de 12.05.2015

[2]http://en.wikipedia.org/wiki/Air_filter accesat la data de 14.05.2015

[3]http://www.nuaire.com/pdf/HEPA_Filter_Load_Capacity.pdf accesat la data de 12.05.2015

[4]<http://www.donaldson.com/en/aircraft/support/datalibrary/042665.pdf> accesat la data de 13.05.2015

Anexa 1

Tabelul 1. Standardul ISO 14644-1 pentru clasificarea camerelor curate

Clasa	Concentrația maximă de particule/m ³ mai mari sau egale cu limita arătată mai jos					
	≥0.1μm	≥0.2μm	≥0.3μm	≥0.5μm	≥1μm	≥5.0μm
ISO Class 1	10	2				
ISO Class 2	100	24	10	4		
ISO Class 3	1 000	237	102	35	8	
ISO Class 4	10 000	2 370	1 020	352	83	
ISO Class 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
ISO Class 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
ISO Class 7				352 000	83 200	2 930
ISO Class 8				3 520 000	832 000	29 300
ISO Class 9				35 200 000	8 320 000	293 000

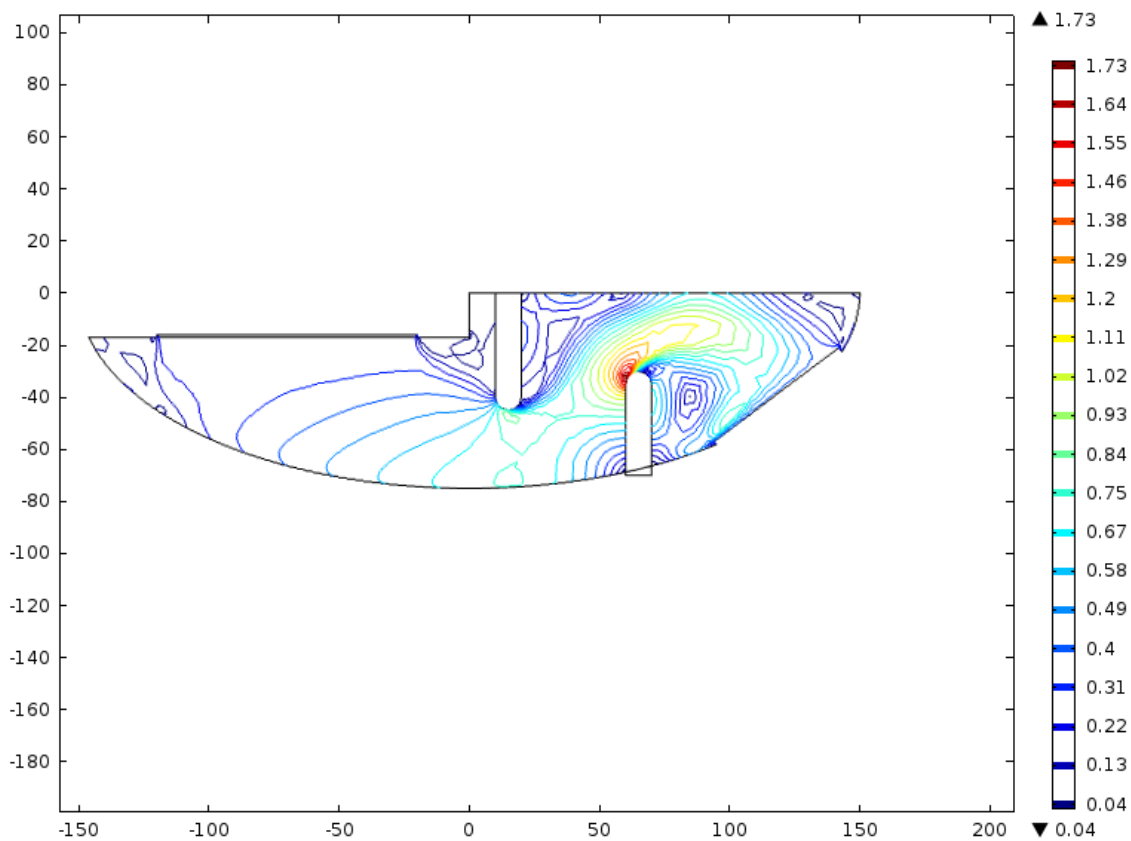


Figura 1. Simularea unui sistem de evacuare cu sistem de tip capcana

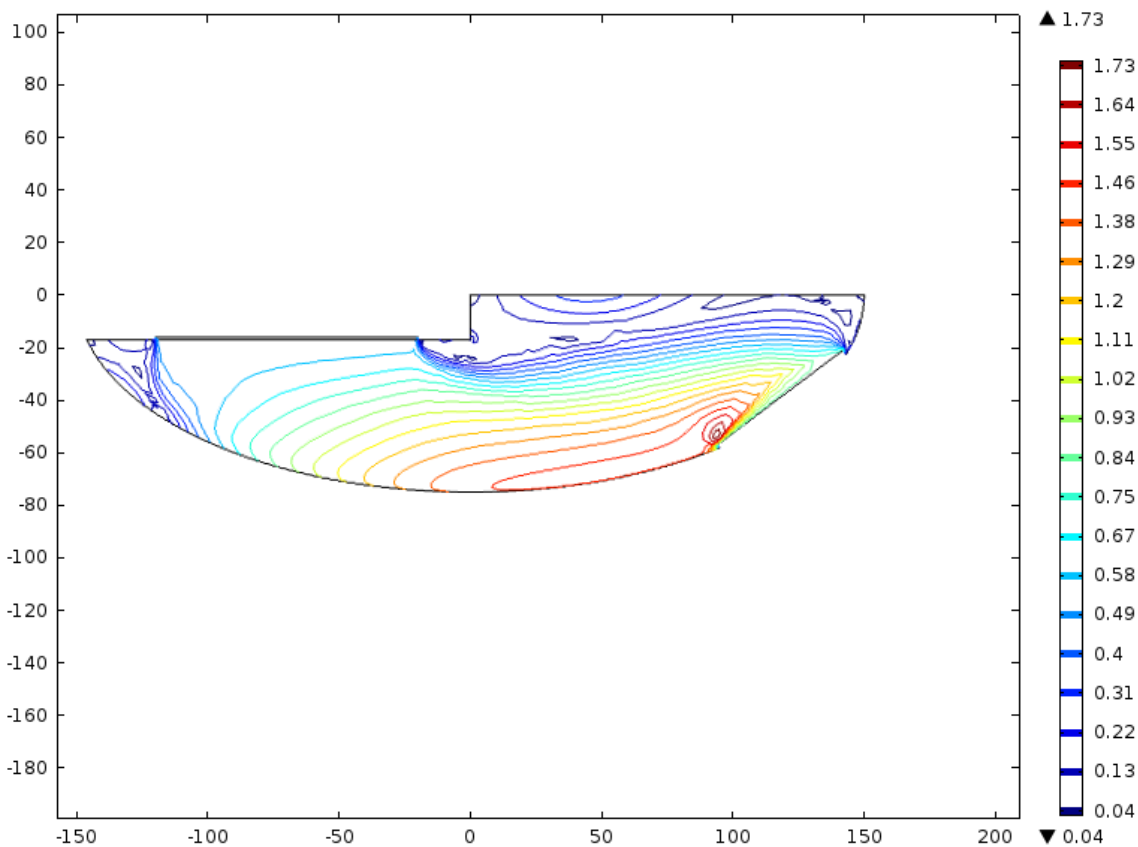


Figura 2. Simularea unui sistem de evacuare simplu