

CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND SOLICITAREA MECANICĂ, NIVELUL VIBRAȚIILOR ȘI CIRCULAȚIA AERULUI ÎN PRODUSUL MAUS MULTIFUNCȚIONAL CLIMATIZANT

EXPERIMENTAL RESEARCH ON MECHANICAL STRESS, VIBRATION LEVEL AND AIR CIRCULATION IN THE MULTIFUNCTIONAL AIR CONDITIONING MOUSE

DUMITRESCU Liliana, NICULAE Florin, PORCOȚEANU Călin,
SMARANDA Constantin-Adrian

Facultatea: IIR, Specializarea: IEMA, Anul de studii II, e-mail: niculae.florin96@yahoo.com

Conducător științific: Conf.dr.ing. **Mădălin Gabriel CATANĂ**

SUMMARY: This paper refers to a series of experimental research on the mechanical stress of some parts of the product developed, the impact of vibrations generated by the rotation of the fan chosen to perform the function of air conditioning and visualization of air circulation with it. For this research, specialized CAD software was used, in this case CATIA, and also for the mentioned simulations, the Solidworks and Autodesk Inventor software. These researches have been strengthened by performing physical tests as close as possible to reality, so as to demonstrate the compatibility of the chosen solutions to meet the need for an ergonomic, durable and reliable product development, adapted to current specialized standards.

KEY WORDS: fan, mouse, stress, simulation, flow

1. Introducere

Această lucrare reprezintă studiul privind dezvoltarea unui maus multifuncțional climatizant - MMC, în ceea ce privește domeniul inovării produselor de larg consum, rezistenței mecanice, vibrațiilor și circulației aerului pentru a îndeplini funcția de climatizare.

Inventatorul mausului pentru computer este Douglas Engelbart, care a construit un prototip la 9 decembrie 1963, exact în urmă cu 50 de ani, ajutat de colegul său de la Institutul de Cercetare Stanford, Bill English. Invenția era parte dintr-un proiect amplu derulat de Engelbart, menit a îmbunătăți intelectul uman (figura 1) [6].



Fig. 1 Primul maus din istorie [6]

2. Stadiul actual

Procesul de construire trebuie să combine tot complexul abordării ergonomice în rezolvarea problemelor de optimizare a sistemului „om-obiect-spațiu”, cu atât mai mult că o astfel de abordare, în fiecare caz concret, va realiza principiul fundamental al ergonomiei - totul, într-o măsură sau alta, este creat de către om și pentru om.

Motivul pentru care mașii optice sunt numiți optici este că folosesc lumina pentru a detecta mișcarea. Lumina este produsă de o diodă emițătoare de lumină, altfel cunoscută ca element emițător de lumină. Practic, atunci când electricitatea este pompată în acest element, excită electronii în orbite superioare. Când electronii revin pe orbitele lor originale, emit energie sub formă de lumină. Motivul pentru care majoritatea mașilor folosesc lumină roșie este pentru că are cea mai mică lungime de undă din spectrul vizibil. Lungimile de undă mai mari ar consuma mai multă energie și ar produce cantități extreme de căldură. Aceasta înseamnă cu cât frecvența este mai mare, cu atât lungimea de undă este mai mică; prin urmare, raza ar fi mai exactă. Frecvența este invers proporțională cu lungimea de undă. Dacă

am alege lumina verde în loc de roșu pentru mașii optice, am obține cantități ridicole de precizie în intervalul 10000-20000 DPI.

În figura 3 se pot remarca două dintre tipurile de senzori care pot intra în componența unui maus. Principala diferență dintre aceștia este că mausul optic este capabil să ofere o precizie mai mare, utilizează un LED pentru a ilumina suprafața, este mai puțin costisitor și funcționează bine pe suprafețe ne-lucioase și pe plăcuțele de maus. Mausul laser, pe de altă parte, vine cu un DPI mai mare, utilizează o diodă laser, este relativ scump și lucrează pe mai multe suprafețe.

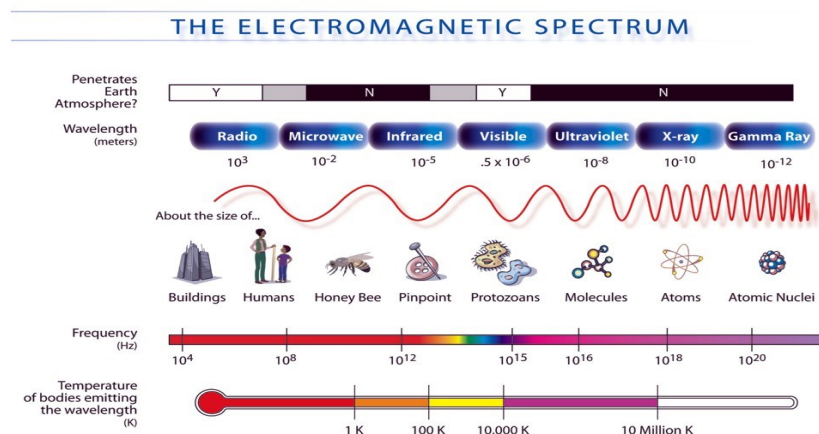


Fig. 2 Spectrul electromagnetic [5]

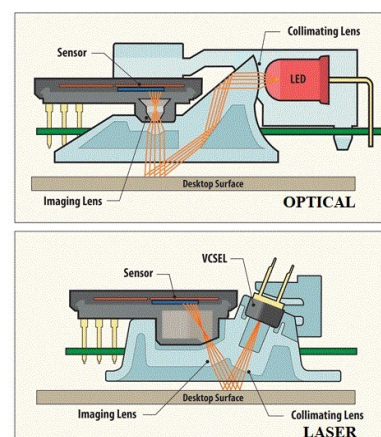


Fig. 3 Maus optic și maus laser

Mausul optic folosește lumină led, roșie albastră și verde, în schimb mausul laser folosește lumină infraroșie.

Pentru produsul dezvoltat de echipa noastră s-a utilizat un senzor optic care ajută la diminuarea consumului de energie electrică necesară pentru celelalte elemente conectate la baterie. Se poate observa în figura 4 senzorul în partea inferioară a mausului.

Întrucât produsul să fie inovativ, s-a pornit de la câteva nevoi importante ale clienților, cum ar fi:

- majoritatea clienților care vor folosi zilnic mausul și pot experimenta apariția hiperhidrozei mâinii, prin urmare s-a montat un ventilator pentru a elimina disconfortul acestora.
- o altă nevoie identificată este facilitarea folosirii mausul de către client pentru a arată spre exemplu anumite aspecte ale unei prezentări cu ajutorul unui fasciul luminos, pentru aceasta am ales montarea unei diode laser în interiorul mausului.
- o problemă reală este și prețul aferent pentru asemenea dotări, tocmai din acest aspect s-a urmărit diminuarea costurilor de producție.

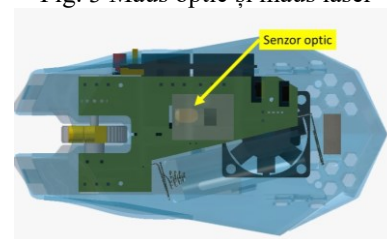


Fig. 4 Localizarea senzorului optic în produsul MMC

3. Analiza statică privind determinarea rezistenței mecanice a produsului dezvoltat

O simulare numerică poate ajuta la găsirea celei mai bune alternative de design pentru o piesă sau un ansamblu. Dezvoltarea timpuri a designului permite asigurarea unui design cu o performanță satisfăcătoare în condițiile prevăzute, fără a ceda mecanic sau fără a se deforma.

În analiza rezistenței mecanice, există două tipuri de simulări:

- analiza statică evaluează condițiile de încărcare structurale;
- analiza modală evaluează modurile de frecvență naturale, inclusiv mișcările rigide ale corpului.

După ce se creează și după ce se stabilesc parametrii doriți a fi evaluați, se lansează simulare, care simulare, poate să reproducă următoarele:

- creează cazurile;

- efectuează modelarea geometrică;
- efectuează detectarea automată a contactelor;
- generează discretizări;
- rezolvă modelul pentru fiecare punct de date.

Simularea produce un set de rezultate FEA(Analiză cu Element Finit), pentru toate combinațiile de parametri definiți anterior. În vederea realizării unei analize se urmăresc următoarele etape:

1. Definirea elementelor componente: materiale(proprietăți de material specifice, grosimi, coeficienți);
2. Definirea încărcărilor;
3. Definirea constrângerilor și contactelor dintre elementele ansamblului/subansamblelor;
4. Discretizarea modelelor;
5. Derulare și analiză rezultate.

3.1. Definirea elementelor componente

Printre primii pași din dezvoltarea unui produs se află stabilirea elementelor care urmează să alcătuiască ansamblul produsului finit. Prin urmare, s-a realizat un tabel nomenclator care conține informații despre componentele care au influență asupra simulărilor numerice de rezistență mecanică, dar și despre elementele deja cunoscute din cadrul proiectului. În figura 5 sunt prezentate elementele componente principale ale produsului - *Maus multifuncțional climatizant*.

Nr. Crt.	Denumire componentă	Masă (g)	Cod Piesă	Material	Grosime	Aprovizionare	Număr componente
1	Arc minus	0,185	MMC_01	Oțel Inoxidabil	0,5	Cumpărat	1
2	Arc plus	0,157	MMC_02	Oțel Inoxidabil	0,5	Cumpărat	1
3	Bobină Laser	2,136	MMC_03	Cupru	-	Cumpărat	1
4	Bobină mare 1	0,469	MMC_04	Cupru	-	Cumpărat	1
5	Bobină mare 2	0,484	MMC_05	Cupru	-	Cumpărat	1
6	Bobină mică	0,101	MMC_06	Cupru	-	Cumpărat	1
7	Butoane click	6,918	MMC_07	Rășină	1,5	Printat 3D	1
8	Butoane laterale	3,373	MMC_08	Plastic ABS	-	Cumpărat	1
9	Buton acționare laser	0,117	MMC_09	Rășină	-	Printat 3D	1
10	Buton acționare dpi	0,485	MMC_10	Plastic ABS	-	Cumpărat	1
11	Buton click	0,15	MMC_11	Plastic ABS	-	Cumpărat	4
12	Buton Click Rotiță	0,092	MMC_12	Plastic ABS	-	Cumpărat	1
13	Buton DPI	0,05	MMC_13	Plastic ABS	-	Cumpărat	1
14	Buton laser	0,204	MMC_14	Cupru	-	Cumpărat	1
15	Capac Baterie	1,693	MMC_15	Rășină	1,5	Printat 3D	1
16	Carcasă inferioară	16,924	MMC_16	Rășină	1,5	Printat 3D	1
17	Carcasă superioară	23,189	MMC_17	Rășină	1,5	Printat 3D	1
18	Chip mic	0,018	MMC_18	Plastic ABS	-	Cumpărat	1
19	Chip mijloc	0,097	MMC_19	Plastic ABS	-	Cumpărat	1
20	Led RGB	0,004	MMC_20	Plastic ABS	-	Cumpărat	3
21	Led spate	0,059	MMC_21	Plastic ABS	-	Cumpărat	1
22	Placă de bază	5,482	MMC_22	Fibră de sticlă	1	Cumpărat	1
23	Prismă laser	0,265	MMC_23	Plastic ABS	-	Cumpărat	1
24	Rotiță	0,961	MMC_24	Plastic ABS	-	Cumpărat	1
25	Senzor mișcare	0,055	MMC_25	Plastic ABS	-	Cumpărat	1
26	Stick USB	7,466	MMC_26	Oțel Inoxidabil	-	Cumpărat	1
27	Support rotiță	2,393	MMC_27	Cupru	-	Cumpărat	1
28	Switch ON/OFF	0,045	MMC_28	Plastic ABS	-	Cumpărat	2
29	Switch ventilator	0,058	MMC_29	Plastic ABS	-	Cumpărat	1
30	Ventilator	1,641	MMC_30	Plastic ABS	-	Cumpărat	1
TOTAL		75,271					36

Fig. 5 Componentele MMC

Principalelor elemente componente care participă activ la structura de rezistență a produsului li se prezintă caracteristicile de material pentru a putea face comparația reprezentativă dintre rezultatele obținute în cadrul cercetării prin simulare numerică cu valorile limită ale fiecărui material component.

În tabelul 1 s-au extras caracteristicile materialelor cu importanță structurală majoră.

Tabelul 1. Caracteristici de material

	Elongație la rupere [%]	Elongație la tragere [%]	Rezistența la rupere [MPa]	Rezistența la tragere [MPa]	Modul Young [GPa]
Plastic ABS	10 - 50	1.7 - 6	29.8 - 43	29.6 - 48	1.79 - 3.2
Rășină	14.2	14.2	23.4	23.4	1.12

3.2. Definirea încărcărilor și constrângerilor

Încărcările structurale sunt forțele aplicate pe un fascicul sau un nod în timpul funcționării. Astfel de sarcini provoacă solicitări, deformări și deplasări în componente.

În proiectarea produsului, este important de urmărit cum reacționează produsul în condiții normale și excesive de lucru. Se poate determina răspunsul produsului la aceste sarcini și se poate construi un factor de siguranță adecvat. Aspecte importante ale designului includ magnitudinea sarcinii, frecvența apariției, distribuția și natura (statică sau dinamică). Dacă puteți vizualiza modul în care produsul dvs. răspunde încărcărilor, puteți controla mai bine proiectele [1-2].

Tipurile de sarcini structurale disponibile sunt forța(N), încărcarea continuă(N/mm), momentul(Nm), momentul axial(Nm), momentul de încovoiere(Nm).

Pentru a determina siguranța din punct de vedere mecanic a mausului, s-au ales câteva din componentele mobile ale acestuia pentru a fi analizate. Mai exact, butoanele click, butonul DPI și butoanele laterale și s-a stabilit ca încărcare acoperitoare aplicarea de forțe în valoare de **1.1N**.

În figura 6 sunt prezentate încărcările distribuite pe suprafața de lucru a butoanelor aplicate în conformitate cu forța de apăsare a unui utilizator obișnuit și a constrângerilor.

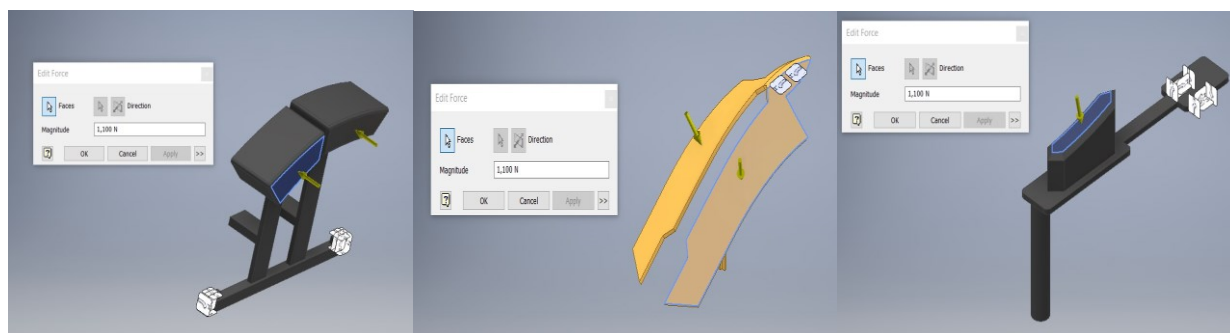


Fig. 6 Forța de apăsare a butoanelor laterale, click și DPI și constrângerilor acestora

3.3. Derularea simulării numerice și analiza rezultatelor

Derularea simulării a fost posibilă doar după ce s-au introdus toate datele de intrare și s-au obținut la rezultatele prezentate mai jos.

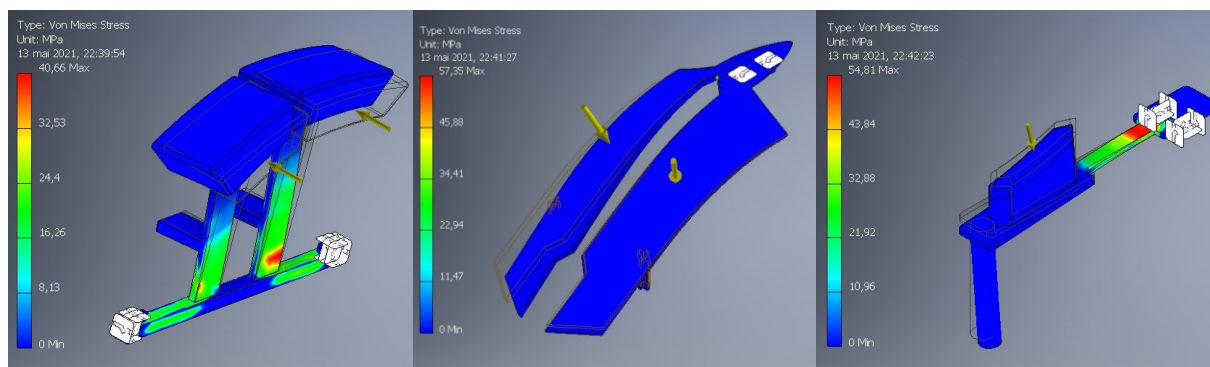


Fig. 7 Rezultat simulare Von Mises butoanele laterale, butoane click și buton DPI

Principiul de calcul von Mises este adesea folosit pentru a determina dacă un material va rezista atunci când este supus unei condiții complexe de încărcare. Aceasta se realizează prin calcularea stresului von Mises și compararea acestuia cu stresul de randament al materialului, care constituie criteriul von Mises Yield Criterion [1-3].

Obiectivul este acela de a dezvolta un criteriu de randament pentru materialele care funcționează pentru orice condiție de încărcare complexă 3D, indiferent de amestecul de tensiuni normale și de forfecare. Stresul von Mises face acest lucru prin combinarea stării complexe a stresului într-un singur număr scalar comparat cu puterea de curgere a materialului, de asemenea, o singură valoare numerică scalară determinată dintr-un test de tensiune uni axial (pentru că este cel mai simplu) pe material într-un laborator [1, 3, 2].

În concluzie trebuie remarcat faptul că aceasta nu este o știință exactă. Este un proces empiric, cu erori inerente și abateri. De fapt, nu există o regulă rapidă care să spună că materialele trebuie să producă în conformitate cu criteriile de randament von Mises. Este la fel de mult o coincidență ca orice altceva.

Rezultatele obținute în urma solicitărilor mecanice sunt conform cu ceea ce echipa s-a așteptat în faza de proiectare astfel produsul dezvoltat poate merge mai departe către producție.

4. Analiza privind vibrația în produsul dezvoltat

În forma sa cea mai simplă, vibrația poate fi asimilată cu o mișcare oscilatorie sau cu o mișcare repetitivă a unui obiect în jurul poziției sale de echilibru. Poziția de echilibru este considerată poziția în care forța care acționează asupra obiectului respectiv este nulă. Acest tip de vibrație se numește „mișcare a întregului corp”, în sensul că toate părțile componente ale obiectului respectiv se deplasează împreună în aceeași direcție, în orice punct, în timp [4].

Vibrația unui sistem este întotdeauna cauzată de o forță de excitație. Această forță poate fi aplicată din exteriorul sistemului, sau poate proveni din interiorul acestuia. Efectul acestei forțe, vibrația, este complet determinată de forța de excitație, direcție, și frecvență [4].

În produsul nostru forța de excitație este din cauza rotațiilor ventilatorului, de aceea am ales să simulăm acest aspect pentru a observa impactul asupra celorlalte componente ale mașinii.

Pentru această simulare a fost folosit modulul Flow Simulation al software-ului de proiectare Solidworks.

Etapele necesare generării analizei de vibrație au constat în:

- (1) *definirea zonei de generare a vibrației* - în cazul produsului nostru aceasta este determinată de rotația ventilatorului - în acest pas s-a introdus și valoarea de rotație a ventilatorului conform specificațiilor de 13200 RPM echivalentul a 1382 rad/sec. (figura 8);
- (2) *discretizarea modelului* (figura 9);
- (3) *simularea și prezentarea rezultatelor acesteia* (figurile 10-11).

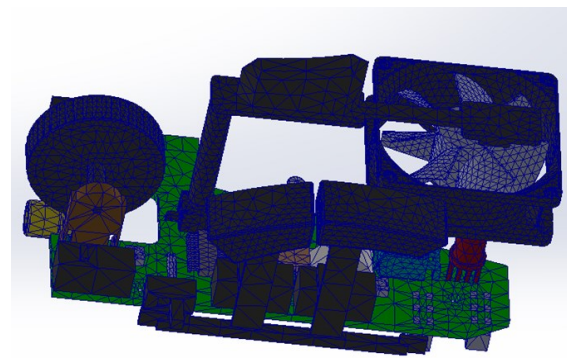
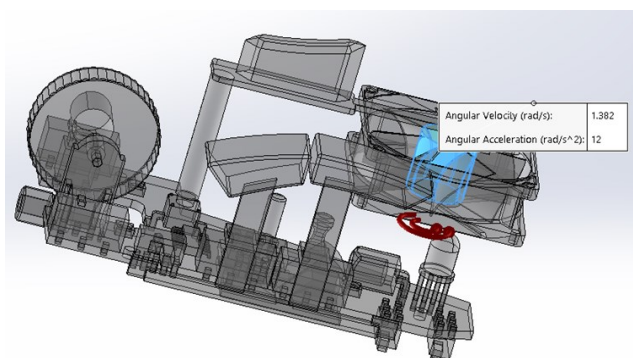


Fig. 8. Definirea zonei de generare a vibrației Fig. 9. Discretizarea modelului

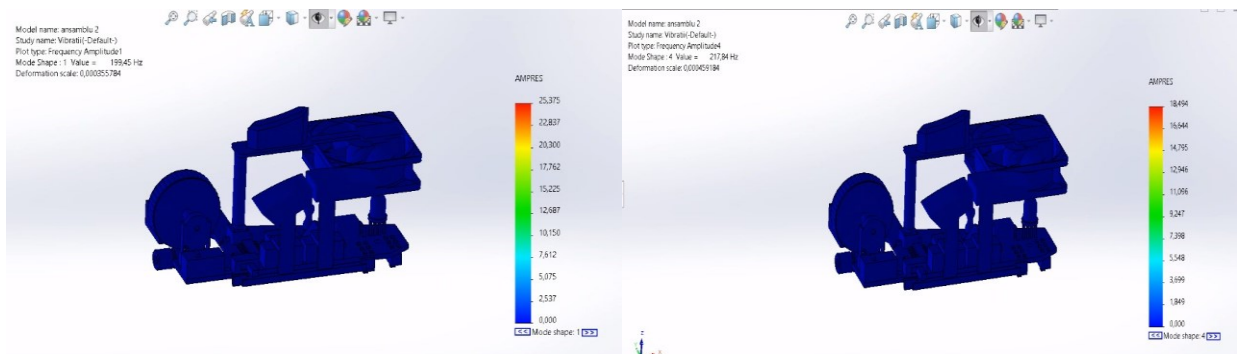


Fig. 10 Impactul vibrațiilor la o frecvență de 199 Hz și 217 Hz

Concluzia clară a acestei simulări este faptul că vibrația potențială cauzată de rotația ventilatorului nu impactează componentele electronice ale mausului. Se poate observa că la frecvențe de 199 Hz, respectiv 217 Hz nicio piesă nu suferă modificări și în simularea generată s-a observat un impact la valoarea de 841 Hz.

Pentru această simulare s-au luat în considerare un număr de 30 de instanțe, iar principalele componente afectate de aceasta dacă vibrațiile ar depăși pragul de 841 Hz sunt senzorul de mișcare, prisma laser, becul LED și chipurile plăcii electronice.

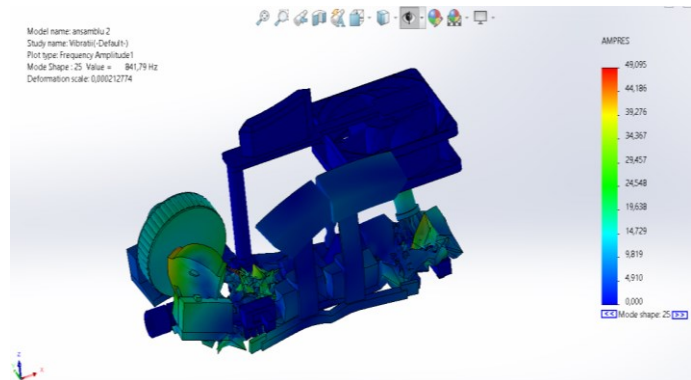


Fig. 11 Impactul vibrațiilor la o frecvență 841 Hz

Valoarea maximă a frecvenței de vibrație determinată de cele 13200 RPM ale ventilatorului este de 220 Hz, fapt ce ne confirmă că aceasta nu va avea un impact negativ în utilizarea mausului.

5. Analiza privind circulația aerului în produsul dezvoltat

Ventilația este procesul de schimbare sau înlocuirea a aerului într-un spațiu pentru a oferi înaltă calitate aerului din interior. Ventilația este utilizată pentru îndepărtarea de mirosuri neplăcute, fum, căldură și umiditate excesivă, a introduce aer din exterior, pentru a menține aerul circulant în interiorul clădirilor, și pentru a preveni stagnarea aerului interior. Ventilația include atât schimbul de aer cu exteriorul, precum și circulația aerului în interiorul clădirii. Este unul dintre cei mai importanți factori pentru menținerea calității aerului într-un interior acceptabil în clădiri. Metodele de ventilare într-un produs poate fi împărțit în forțat/mecanic și ventilație naturală.

Pentru a simula circulația aerului în produsul "Maus multifuncțional climatizant" s-a utilizat modulul Flow Simulation al software-ului de proiectare Solidworks 2020.

Componenta generatoare a funcției de climatizare este ventilatorul axial de aceea, acesta a fost extras din ansamblul produsului și analizat cu ajutorul software-ului menționat.

5.1. Etapele necesare generării fluxului de aer

Obiectivul acestei etape este de a demonstra capabilitatea ventilatorului de a furniza aer conform fluxului dorit exemplificat în figura 12.

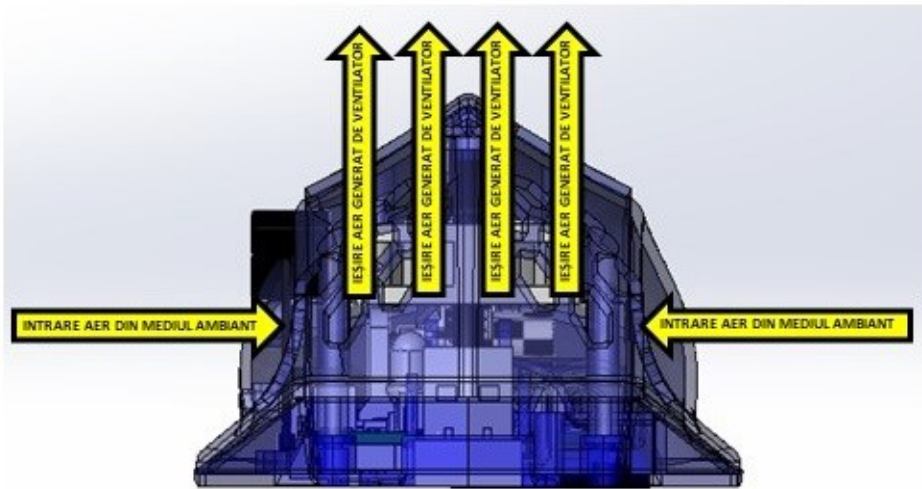


Fig. 12 Fluxul de aer - schemă simplificată

Pentru ca fluxul de aer generat de ventilator să fie exemplificat conform cu realitatea de către software s-au selectat următorii parametrii:

- Numărul puncte de traiectorie: **250**
- Tipul de afișare a fluxului de aer: **Linii cu săgeți**
- Grosimea săgeții: **1 mm**
- Grosimea liniei: **2 mm**
- Unitatea de măsură a simulării: **Viteza aerului (Velocity)**

După cum se poate observa în figurile 13 și 14, ambele fluxuri de intrare și ieșire au o viteză în jurul a **1.428 m/s**. În schimb, atunci când aerul se află între rotor și stator acesta ajunge până la o viteză de aproximativ **13.372 m/s**.

Luând în considerare viteza de deplasare a aerului generată de ventilatorul studiat putem concluziona faptul că își va îndeplini funcția de climatizare în cadrul produsului dezvoltat.

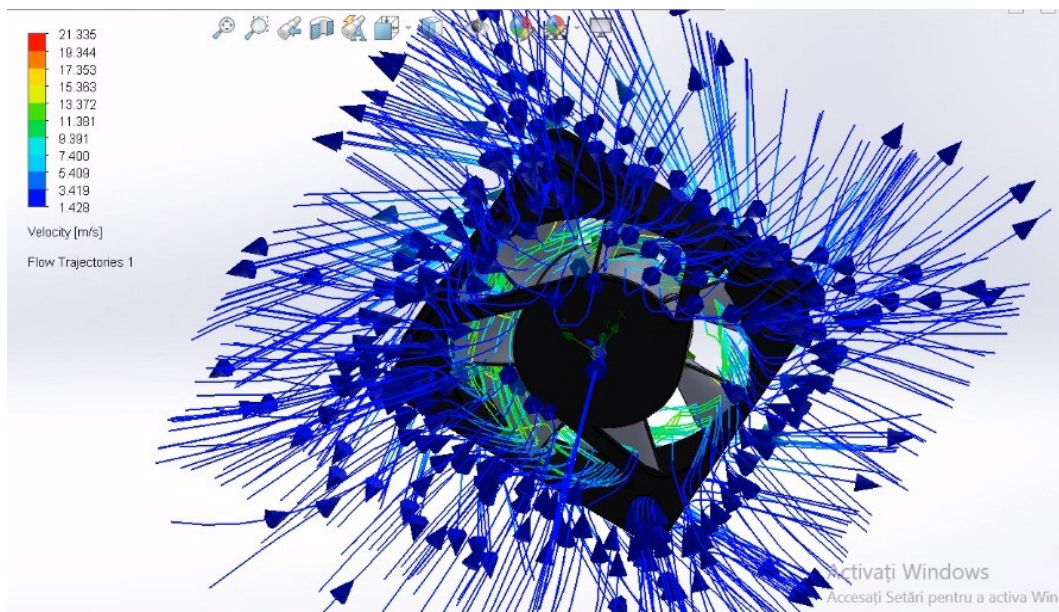


Fig. 13 Fluxul de intrare al aerului

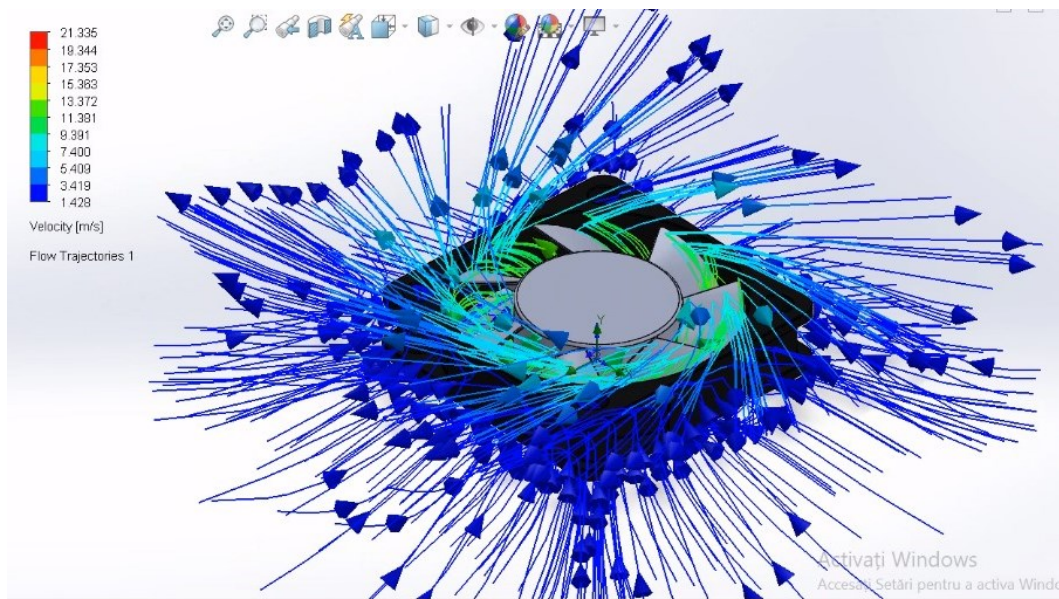


Fig. 14 Fluxul de ieșire al aerului

6. Concluzii

S-a avut în vedere determinarea, analizarea și soluționarea fenomenelor/dificultăților de proiectare și utilizare a produsului în dezvoltare „Maus multifuncțional climatizant”, prin utilizarea softurilor dedicate pentru situațiile specifice, cum ar fi: INVENTOR, SOLIDWORKS, CATIA, etc.

S-au efectuat atât variante de modele 3D de subansamble și piese simple, cât și de produse complete. De asemenea, au fost realizate teste practice pe prototipul în lucru, pentru o mai bună înțelegere a fenomenelor ce pot fi întâmpinate la utilizarea produsului.

Pe baza prezentării lucrării de cercetare se urmărește confirmarea corectitudinii etapelor prezentate.

7. Mulțumiri

Mulțumiri merg către domnul Conf. Dr. Ing. Mădălin-Gabriel CATANĂ, care a oferit atât sprijin didactic, cât și influență pozitivă conducând la o bună desfășurare a tuturor activităților întreprinse de membrii echipei.

De asemenea, mulțumiri sunt adresate comisiei Sesiunii de Comunicări Științifice Studentești, care prin profesionalism și obiectivitate a contribuit la confirmarea soluțiilor studiate de către echipa de proiect.

8. Bibliografie

- [1]. Cross, N., (2000) Engineering Design Methods, Ed. John Wiley & Sons, West Sussex
- [2]. Martin R., (2010) Design of Business – Cum să transformi principiile de design în avantaj competitiv, Editura Publica;
- [3]. ReVelle, J., (2002) Manufacturing Handbook of Best Practices, Ed. St. Lucie Press, Londra;
- [4]. Ce este vibrația?, http://www.mobilindustrial.ro/current_version/online_docs/COMPENDIU/ce_este_vibrația_.html, accesat la data de 17 aprilie 2021;
- [5]Electromagnetic spectrum, <https://www.flickr.com/photos/93525584@N00/5428089105>, accesat la data de 05 mai 2021;
- [6]. Istoria și evoluția mausului, <https://www.timpul.md/articol/-istoria-i-evoluia-mouse-ului-52397.html>, accesat la data de 27 martie 2021