

NOI CERCETĂRI EXPERIMENTALE ALE POZIȚIEI CVASI-VERTICALE DE CONDUCERE A AUTOMOBILULUI

Șef lucr. dr. ing. Viorel ȘIȘMAN

Universitatea „Transilvania” Brașov

REZUMAT Lucrarea prezintă noi contribuții în studiul poziției neconvenționale de conducere a autovehiculului - numită de autor „poziție cvasi-verticală de conducere”. În primul rând, poziția de lucru cvasi-verticală prezintă un avantaj semnificativ prin reducerea sarcinilor din zona feselor (pelvisului) și redistribuirea parțială a acestora în zona tîbelor și a tălpii picloarelor. Poziția cvasi-verticală implică o nouă configurație pentru scaunul mașinii fapt care antrenează redesenarea într-o nouă arhitectură a cabinei automobilului. Lucrarea prezintă în continuare câteva elemente importante ale metodologiei experimentale aplicate și descrie principalele caracteristici ale standului experimental utilizat pentru determinarea modului de distribuție a greutății șoferului/pasagerului pe scaunul automobilului pentru o mare diversitate a pozițiilor de conducere. De asemenea sunt prezentate unele rezultate semnificative ale experimentelor realizate. Pornind de la aceste date experimentale va fi posibilă formularea de noi recomandări în domeniul confortului și vor fi deschise noi perspective de cercetare în domeniul pozițiilor de lucru neconvenționale.

Cuvinte cheie: poziție cvasi-verticală de conducere a automobilului, arhitectura automobilului urban al viitorului, cercetare experimentală în ergonomie.

ABSTRACT. The paper presents new contributions to the study of the unconventional driving position of the car - called by the author as „quasi-vertical driving position.” Firstly the quasi-vertical driving position offers significant advantage of reducing the loads in the buttock (pelvis) area by partially redistributing them to the shins (knee area) and soles. Quasi-vertical position involves a new configuration of the seat of the car and a new architecture of the cockpit. The paper further presents some important elements of the experimental methodology applied, the description of the original equipment (the stand) for determining the distribution of the loads on the driver seat for a large diversity of the body positions and also some significant results of the experiments. Starting from these experimental data it will be possible to formulate new recommendations in the field of the comfort and it will open new research perspectives in the field of unconventional driving positions.

Keyword: quasi-vertical driving position, future urban car architecture, experimental ergonomic research.

1. INTRODUCERE

În mai mult de un secol de evoluție automobilul nu a suferit o schimbare radicală a principiilor sale de funcționare, inclusiv în ceea ce privește poziția de lucru a șoferului / pasagerului. Cu toate acestea, în ultimele decenii marcate de o preocupare crescândă pentru evoluția societății în sensul dezvoltării durabile, asistăm la o intensificare a cercetării privind asigurarea confortului călătorilor la deplasarea cu automobilul în condiții de trafic urban tot mai intens.

În contextul aglomerărilor urbane dimensiunile și arhitectura automobilului devin factori esențiali în optimizarea performanțelor de mobilitate. Astăzi, există o nevoie tot mai mare de a reinventa automobilul ca o componentă importantă a sistemului de transport adaptat nevoilor viitorului [1]. În acest sens, autorul a propus conceptul de poziție de conducere (sau de călătorie) cvasi-verticală aplicabil

autovehiculelor urbane [2]. Noul concept poate influența puternic arhitectura și aspectul mașinilor viitoare, mărimea lor, stilul arhitectural, modul de utilizare, nivelul de confort asigurat utilizatorilor, și nu în ultimul rând capacitatea lor de transport. Astfel se urmărește o reducere a dimensiunilor specifice ale autoturismelor și în special a raportului dintre dimensiunile caroseriei și numărul de pasageri, ceea ce va contribui la o creștere semnificativă a nivelului de mobilitate în zonele urbane aglomerate [3]. Pe de altă parte, utilizarea poziției cvasi-verticale de lucru în automobile va necesita definirea unor noi condiții care trebuie îndeplinite pentru a asigura un confort adecvat șoferului și pasagerilor. Este posibil ca noua soluție propusă pentru postura de conducere (sau călătorie) să stimuleze proiectarea și dezvoltarea de noi tipuri de autoturisme sau sisteme de transport urban care să contribuie în viitor la satisfacerea nevoii tot mai mari de mobilitate urbană [1].

2. POZIȚIA CVASI-VERTICALĂ – O POSIBILĂ POZIȚIE DE CONDUCERE/ CĂLĂTORIE ADOPTATĂ PENTRU AUTOMOBILUL URBAN. CARACTERISTICI PRINCIPALE

Se știe că arhitectura interioară a automobilelor actuale respectă principiile rezultate în urma studiilor asupra confortului postului de pilotaj a avioanelor de vânătoare, studii desfășurate în preajma celui de-al Doilea Război Mondial. Aprofundarea acestor studii precum și extinderea cercetării în domeniul confortului automobilelor au fost realizate de-a lungul deceniilor care au urmat. Astfel s-a ajuns la o înțelegere mai profundă a condițiilor necesare asigurării confortului și la identificarea factorilor care îl pot influența. Asemănarea între postura de ședere în scaunul avionului și cea în scaunul automobilului nu este întâmplătoare.

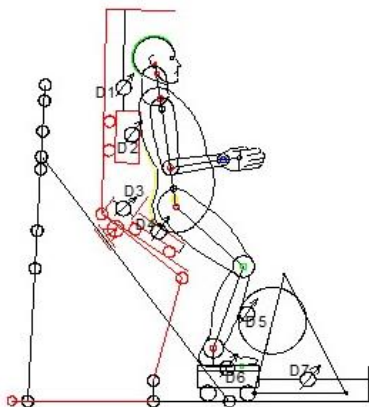


Fig.1. Schema funcțională a standului pentru studiul poziției de conducere cvasi-verticale.

Mult mai puțin se cunoaște însă în legătură cu alte posibile poziții de conducere sau călătorie, având în vedere că există o diversitate mică a soluțiilor de arhitectură a cockpitului pentru diferitele vehicule de transport pasageri existente. În plus se poate constata și o aplicare redusă a soluțiilor alternative existente pentru poziția de conducere/călătorie, ceea ce a limitat posibilitatea studierii acestora inclusiv prin utilizarea lor curentă. Astăzi, postura dominantă de conducere/călătorie este evident poziția „clasică” a pilotului instalat în scaunul de avion. Sesizând oportunitatea de reducere a dimensiunilor cabinei, autorul a propus conceptul original de „poziție cvasi-verticală de conducere” pentru șofer, poziție aplicabilă în mod similar și pentru pasageri. Această postură este definită de poziția aproape verticală a trunchiului utilizatorului cu spatele și fesele rezemate pe câte un element de reazem de tip pernă (pernă spătar și pernă șezut) ale unui dispozitiv de susținere asemănător și având funcția unui scaun, asigurându-

se în același timp și condițiile necesare pentru ca tălpile picioarelor să se sprijine pe podea. De asemenea, se prevede ca genunchii (tibia) să se sprijine pe un suport reglabil de tip pernă (pernă genunchi) ce aparține structurii de tip scaun. În acest fel, greutatea corporală este descărcată în diferite proporții pe fiecare dintre aceste patru elemente de sprijin [3] (Figura 1).

3. TESTAREA POZIȚIEI CVASI- VERTICALE DE CONDUCERE

Pe baza principiilor prezentate anterior au fost efectuate o serie de teste pe un stand care reprezintă un sistem de reazem de tip scaun adaptabil unor poziții de conducere foarte diferite - inclusiv pentru poziția de conducere cvasi-verticală descrisă mai sus.

Pentru a explora posibilitățile de utilizare a unor noi poziții de conducere sau de călătorie, este necesar să se determine interacțiunile multiple dintre om (ca utilizator) și suportul de sprijin de tip scaun, acestea influențând în mod direct starea de confort a utilizatorului. În prima etapă prezentul studiu își propune să se concentreze pe interacțiunea mecanică dintre utilizator și scaun în condiții statice. Se urmărește astfel identificarea modului în care greutatea corpului uman este distribuită pe fiecare dintre suprafețele de sprijin ale scaunului.

Determinarea principiilor de distribuție a greutății corporale pe elementele de susținere a scaunelor este dificilă deoarece corpul uman poate fi considerat un sistem multicorp de mare complexitate datorită naturii și comportamentului mecanic al țesuturilor din care este alcătuit. A lucra cu un astfel de sistem complex nedeterminat (corpul uman) este evident un dezavantaj, dar o soluție inedită prin care scaunul să ofere utilizatorului un nivel ridicat de confort poate rezulta chiar din această caracteristică.

3.1 Echipamentul (standul) de testare a poziției cvasi-verticale de conducere.

Spre deosebire de poziția obișnuită de conducere în care scaunul preia greutatea corpului predominant în zona feselor și a spatelui coapselor, prezentul studiu abordează așa-numita postură de lucru cvasi-verticală la care poziția caracteristică a corpului utilizatorului este aproape verticală, corpul fiind rezemat pe mai multe suprafețe de sprijin ale unui sistem suport ce joacă rol de scaun. În această situație inedită greutatea utilizatorului este distribuită pe mai multe zone de susținere ale corpului: spate (trunchi) (1), fese și spatele coapselor (2), zona genunchilor (3) și tălpile picioarelor (4).

Pentru a verifica această poziție de conducere a fost proiectat și realizat un stand de testare care are ca element principal un sistem de rezemare de tip scaun prevăzut cu suprafețe de sprijin corespunzătoare zonelor de susținere a corpului descrise anterior. Au fost de asemenea prevăzute dispozitive de măsurare a forțelor normale și tangențiale cu care corpul utilizatorului acționează asupra componentelor scaunului. Ca o particularitate constructivă, pe lângă elementele de reazem specifice unui scaun obișnuit (pernă șezut și spătar), standul mai este prevăzut cu un suport special care susține tibia și un alt suport pe care se sprijină talpa piciorului. Toate aceste patru componente constructive sunt prevăzute cu sisteme dinamometrice de măsurare a forțelor normale și tangențiale de interacțiune dintre utilizator și sistemul de rezemare de tip scaun. Standul permite studiul poziției de conducere cvasiverticale pentru diverse configurații. Pentru aceasta este prevăzută posibilitatea reglării poziției elementelor structurale, configurația sa geometrică putând fi modificată cu ușurință în vederea obținerii unei largi game de poziții de lucru care urmează a fi studiate. Astfel pot fi reglate: înclinarea și înălțimea pernei scaunului, înclinarea spătarului, poziția suportului pentru genunchi în raport cu perna scaunului.

Testul se efectuează în condiții statice pentru diferite configurații / poziții de conducere, folosind diferiți subiecți umani având dimensiuni antropometrice diferite. Perna pentru șezut a scaunului, spătarul, suportul tibiei (genunchiului) și suportul de reazem al tălpilor picioarelor sunt considerate elemente de sprijin. Aceste elemente și sistemele dinamometrice (D1, ..., D7) atașate fiecăroră dintre ele au fost proiectate și adaptate astfel încât forțele normale (măsurate de D2, D4, D5 și D6) și forțele tangențiale (măsurate de D1, D3 și D7) să poată fi măsurate independent (Figura 1).

3.2 Principii utilizate pentru testarea poziției cvasi-verticale de conducere

Sarcinile mecanice la care scaunul este supus de către utilizator (reprezentând acțiunea), precum și solicitările mecanice la care corpul utilizatorului este supus de către scaun (reprezentând reacțiunea) se determină prin măsurarea forțelor normale și tangențiale descrise anterior. Modul în care greutatea corporală a subiectului uman (șofer sau pasager) este distribuită pe suprafețele reazemului de tip scaun este determinat direct de poziția de lucru adoptată prin alegerea (reglarea) configurației geometrice a scaunului suport. De altfel, determinarea acestei relații dintre configurația geometrică a poziției de lucru a șoferului/pasagerului și solicitările mecanice la care este supus corpul acestuia poate fi considerată

a fi primul pas în studiul confortului pentru postura de conducere neconvențională cvasi-verticală. Va urma apoi studiul altor efecte fiziologice și psihologice produse asupra utilizatorului poziției de lucru cvasiverticale. Starea de confort este de asemenea influențată și de alți factori care se pot dovedi importanți, cum ar fi: poziția relativă a membrilor, poziția generală a corpului, durata de testare, condițiile de testare (statice, dinamice, cu vibrații etc.), locul și contextul în care se efectuează testul (în trafic, în laborator), calitatea contactului dintre corp și elementele de susținere. Starea de confort este determinată de o serie de factori și reprezintă de fapt un element de sinteză.

Studiul confortului poziției de lucru cvasi-verticale presupune determinarea relației dintre diversele configurații geometrice ale pozițiilor de lucru de tip cvasi-vertical pentru un utilizator de referință, încărcările realizate de către corpul utilizatorului asupra fiecărui element de reazem al scaunului și valorile parametrilor semnificativi care determină starea de confort (acest ultim aspect urmând să facă obiectul unor studii ulterioare).

Având în vedere necesitatea de a realiza studiul de confort pe o gamă variată de poziții de lucru, unul dintre cele mai importante avantaje oferite de standul de testare este posibilitatea de a modifica rapid și într-un domeniu larg geometria scaunului prin reglaje simple (Figura 2). Un parametru important care este luat în considerare la efectuarea experimentelor este unghiul de înclinare a pernei scaunului (α_{sc}) deoarece are cea mai mare influență asupra posturii de lucru prin asocierea directă cu unghiul de înclinare al femurului. Un al doilea parametru important este unghiul de înclinare al tibiei (α_{tibia}). Cei doi parametri unghiulari α_{sc} și α_{tibia} reprezintă elemente de referință în studiul posturilor de lucru (Figura 2). Astfel, au fost analizate cazurile determinate de unghiul α_{sc} ($= 12^{\circ} \dots 84^{\circ}$), luând în considerare pentru fiecare dintre acestea valorile unghiului $\alpha_{tibia} = 33^{\circ}, 16^{\circ}, 3^{\circ}$ și -20° . Valorile pozitive pentru α_{tibia} înseamnă că tibia și tălpile sunt îndreptate spre înapoi (Figura 2 - detaliu).

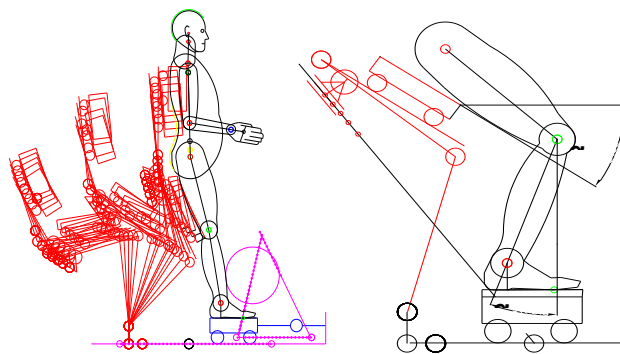


Fig. 2. Gama pozițiilor de lucru studiate în funcție de α_{sc} și α_{tibia} .

NOI CERCETĂRI EXPERIMENTALE ALE POZIȚIEI CVASI-VERTECALE

Conform recomandărilor existente și în urma observațiilor făcute de autor în timpul experimentelor, poziția cvasi-verticală de lucru implică o înclinare scăzută a spătarului față de verticală. Acest lucru explică valorile reduse ale încărcărilor normale și tangențiale ale corpului pe spătarul scaunului măsurate pe stand și astfel se explică influența aparent scăzută a variației poziției spătarului asupra distribuției greutății corpului (subiectului) pe elementele scaunului. De aceea, pentru a simplifica analiza, nu se ia deocamdată în considerare funcția spătarului în preluarea sarcinilor - ceea ce nu înseamnă renunțarea pe viitor la analiza influenței spătarului în studiul aprofundat al poziției de lucru cvasi-verticale. Dimpotrivă, aceasta ar putea reprezenta o nouă direcție de cercetare și o resursă importantă pentru inovare. Pentru fiecare dintre pozițiile de lucru definite de parametrii α_{sc} și α_{tibia} au fost luate în considerare trei ipoteze de lucru (Figura 3):

1. - situația în care perna șezut a scaunului este conectată la cadrul fix printr-un dinamometru care înregistrează forța tangențială cu care este acționată perna șezut (figura 3 a);

2. - situația în care perna șezut a scaunului nu este conectată la cadrul fix și, prin urmare, nu există (teoretic) nici o componentă tangențială a forței de interacțiune om-scaun la perna șezut (figura 3b);

3. - situația în care perna șezut a scaunului este operată în direcție tangențială cu o forță suplimentară F_{sup} . Se va măsura influența acestei forțe suplimentare asupra distribuției sarcinilor corpului uman pe scaun (figura 3c).

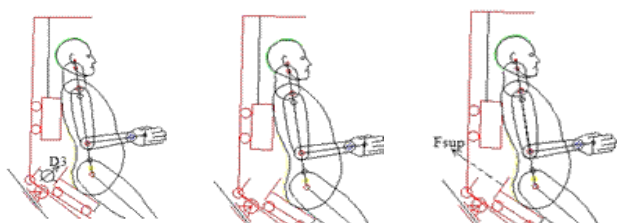


Fig. 3. Ipoteze de lucru pentru teste.

Pentru fiecare dintre cazurile prezentate au fost efectuate pe stand măsurători ale forțelor normale și tangențiale cu ajutorul dispozitivelor dinamometrice D3, D4, D5, D6 și D7. Pentru o mai bună interpretare a rezultatelor cercetării valorile măsurate au fost reprezentate grafic. De exemplu, pentru primul caz (perna șezut conectată la cadrul fix), dacă $\alpha_{tibia} = 3^0$ și $\alpha_{sc} = 12^0 \dots 84^0$, din măsurătorile pe stand au rezultat datele cuprinse în tabelul 1.

Din punct de vedere grafic aceste date pot fi reprezentate în mai multe moduri semnificative. În figura 4 se observă variația încărcărilor (forțelor) normale (D4, D5 și D6) și a încărcărilor tangențiale (D3 și D7) măsurate pe elementele scaunelor ca

funcție de variabila α_{sc} ($\alpha_{sc} = 12^0 \dots 84^0$). Se poate observa, de asemenea, cota parte a fiecărei încărcări din totalul de forțe care acționează asupra elementelor scaunului, precum și interdependența acestor încărcări reprezentate în funcție de valorile parametrului α_{sc} . Încărcările sunt exprimate atât în valoare absolută ([kgf]), cât și în procente ([%]).

Tabelul 1. Forțele normale și tangențiale măsurate pe standul de testare

α_{sc}	D3	D4	D5	D6	D7
12^0	3,5 [kgf]	60,8	12,3	17,7	1,82
20^0	4	57,8	16,6	22,5	1,68
36^0	8	51,8	31,6	21,2	5,1
50^0	8,5	39,2	39	28,7	6,74
71^0	7,5	35,8	45,7	46	9,87
84^0	7	35,6	46	50,9	11,9

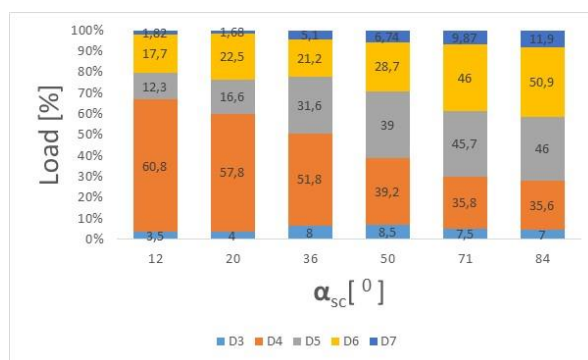


Fig. 4. Variația încărcărilor normale și tangențiale măsurate pe elementele scaunului ca funcții de variabila α_{sc} .

Din măsurătorile efectuate rezultă că suma încărcărilor pe elementele scaunului este variabilă în funcție de unghiul pernei scaunului și atinge valori (151 [kgf]) semnificativ mai mari decât greutatea subiectului (93 [kgf]). Această creștere semnificativă poate fi direct responsabilă pentru senzațiile de confort sau disconfort. Folosind un alt tip de diagramă, în figura 5.a se reprezintă doar încărcările normale ale elementelor scaunului. În mod similar, în figura 5.b sunt reprezentate doar sarcinile tangențiale. Ca o tendință generală, se observă cum creșterea unghiului de înclinare a pernei scaunului ($\alpha_{sc} = 12^0 \dots 84^0$) produce o scădere progresivă și semnificativă a forței normale pe perna scaunului de la 60,8 [kgf] la 35,6 [kgf] cu creșterea progresivă a forțelor normale pe tibia de la 12,3 [kgf] la 46 [kgf] și pe tălpi de la 17,7 [kgf] la 50,9 [kgf]. De asemenea, se remarcă tendința forțelor normale totale care acționează pe elementele scaunului (suma forțelor normale) să crească semnificativ (de la 90,8 [kgf] la 132,5 [kgf]) odată cu mărirea unghiului de înclinare al pernei șezut a scaunului α_{sc} . Acest lucru ar putea însemna un efort suplimentar de ansamblu al corpului

asupra scaunului sau, conform principiului fizic al reacțiunii - o agresiune mai intensă asupra corpului din partea suportului de tip scaun.

Trebuie remarcat faptul că măsurătorile au fost realizate pe un subiect având o greutate de 93 [kgf].

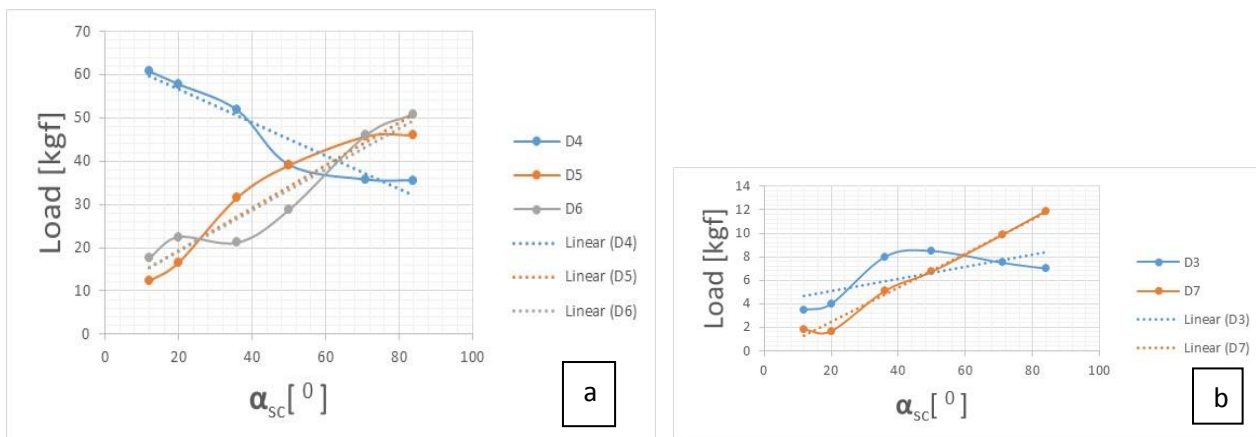


Fig. 5. Variația încărcărilor normale (a) și a sarcinilor tangențiale (b) ca funcție a variabilei α_{sc} .

4. CONCLUZII

Modurile diferite de acțiune a subiecților asupra elementelor scaunului generează efecte specifice diferite asupra stării de confort a utilizatorului, care trebuie verificate prin teste. Se presupune că prin creșterea înclinării pernei șezut a scaunului și reducerea încărcării normale în zona feselor are loc un efect benefic asupra stării de confort, dar în același timp există un efect opus datorită creșterii sarcinilor normale în tibie și talpă. Rămâne de determinat care sunt condițiile optime de confort care pot fi obținute în poziția cvasi-verticală în funcție de înclinarea pernei scaunului și de încărcările generate corespunzătoare. Se poate observa din figura 5 că, pentru unghiul α_{sc} de aproximativ 60° , forțele normale ($D4$, $D5$ și $D6$) tind să devină egale, dar forțele însumate depășesc valoarea greutății proprii a utilizatorului. Prin urmare, se intenționează să se stabilească prin experimente criteriul de alegere a poziției de lucru confortabil recomandat. Este posibil ca situația în care încărcările normale pe elementele scaunului au valori aproximativ egale să reprezinte soluția căutată ("criteriul de distribuție uniformă a presiunii pe rezeme") sau poate, atunci când distribuția este neuniformă situația de dorit să fie aceea în care forțele normale sunt inferioare anumitor valori recomandate (încă necunoscute dar care urmează a fi determinate experimental). Chiar dacă mărirea forțelor tangențiale ($D3$ și $D7$) este mult mai mică decât cea a forțelor normale, este necesar să se studieze cu atenție influența lor asupra stării de confort, având în vedere variația acestora în funcție de unghiul pernei scaunului.

Ca o observație preliminară cu privire la măsurătorile efectuate pe standul de testare, forțele tangențiale măsurate la nivelul tălpii și la nivelul pernei scaunului tind să devină egale pentru α_{sc} în jurul valorii de 60° . Pentru unghiul α_{sc} mai mic de 60° , sarcina tangențială măsurată $D3$ este mai mare decât $D7$, iar pentru sarcina α_{sc} mai mare de 60° sarcina tangențială $D7$ devine mai mare decât $D3$. Acest lucru ar putea însemna că o distribuție echilibrată a greutății corporale pe elementele scaunului se realizează în jurul poziției corespunzătoare unghiului $\alpha_{sc} = 60^\circ$. Se poate intui astfel posibilitatea existenței unei poziții cu potențial minim de solicitare mecanică în cazul subiecților rezemați/susținuți în poziție cvasi-verticală sau altfel spus - a unei poziții cvasiverticale confortabile optime a corpului rezemat („susținere naturală cvasi-verticală”).

Pornind de la concluziile și rezultatele prezentate anterior se dorește ca studiile viitoare să aducă noi date și clarificări.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Mitchell, W.J., Christopher, Borroni-Bird C.E., Burns, L.D., (2010). *Reinventing the Automobile*, MIT Press, ISBN 978-0-262-01382-6, Cambridge Massachusetts.
- [2] Șișman, V., (2015). *How to combine MANE (an original CAD assistant for car body design) with testing methods to reinvent the urban car*, in Papers of the International Conference on Engineering Graphics and Design, ICEGD 2015, Brasov, section 4, pag.57, Journal of Industrial Design and Engineering Graphics (JIDEG).
- [3] Șișman, V., (2017). *Quasi-vertical working position – innovation source for the personal urban car design of the future*, in Papers of the 1st International Comfort Congress ICC2017, Salerno, June 7th and 8th, 2017.

Despre autor

Șef lucr. dr. ing. **Viorel ȘIȘMAN**
Universitatea „Transilvania” din Brașov

Cadru didactic la Universitatea „Transilvania” din Brașov, Facultatea de Design de Produs Mecatronică și Mediu, specializat în design și concepție de produs - MSc. DESS la Universitatea de Tehnologie din Compiègne -Franța. A publicat ca unic autor 4 cărți și îndrumare în domeniul designului industrial la Editura Universității Transilvania din Brașov.

E-mail: sismanviorel@yahoo.com,
tel.0040745069587