

EXOSCHELETE: TEHNOLOGIA CARE NE AMPLIFICA PUTEREA

EXOSKELETON: THE TECHNOLOGY THAT AMPLIFIES OUR STRENGTH

Ștefania – Claudia HĂRĂBOR¹, Maria – Iarina MIROIU²

¹Facultatea de Inginerie Mecanica si Robotica in Constructii

claudia.harabor@yahoo.com

²Facultatea de Inginerie Mecanica si Robotica in Constructii

iarinamariamiroiu@yahoo.com

Rezumat: Exoscheletele sunt tehnologii inovatoare ce îmbunătățesc siguranța și eficiența în construcții, reducând oboseala și riscul de accidentare. Aceste dispozitive susțin lucrătorii în manipularea materialelor grele, minimizând stresul fizic și sporind productivitatea. Analiza noastră explorează tipurile de exoschelete, componentele și materialele utilizate, evidențiind beneficiile acestora. O simulare practică ilustrează mecanismul de ridicare și forțele implicate. Integrarea exoscheletelor optimizează procesele de lucru, reducând costurile operaționale și îmbunătățind condițiile de muncă. Această tehnologie transformă fundamental industria construcțiilor, oferind soluții eficiente pentru provocările fizice ale muncitorilor.

Cuvinte cheie: „exoschelete”, „tehnologie”, „siguranță”, „eficiență”, „construcții”, „productivitate”, „materiale”, „componente”, „ridicare”, „forțe”, „proces de lucru”

Abstract: Exoskeletons are innovative technologies that enhance safety and efficiency in construction by reducing fatigue and injury risks. These devices support workers in handling heavy materials, minimizing physical strain, and increasing productivity. Our analysis explores different types of exoskeletons, their components, and materials, highlighting their benefits. A practical simulation demonstrates the lifting mechanism and the forces involved. Integrating exoskeletons optimizes work processes, lowers operational costs, and improves working conditions. This technology fundamentally transforms the construction industry, providing effective solutions for the physical challenges faced by workers.

Key words: "exoskeletons", "technology", "safety", "efficiency", "construction", "productivity", "materials", "components", "lifting", "forces", "work process"

Exoscheletele reprezintă o tehnologie inovatoare care oferă soluții practice și eficiente pentru numeroase domenii, inclusiv în sectorul construcțiilor. Aceste dispozitive portabile funcționează ca o extensie a corpului uman, fiind concepute să îmbunătățească performanța fizică a utilizatorilor prin reducerea oboselii, amplificarea forței și minimizar-ea riscului de accidentare.

Dezvoltarea exoscheletului Hardiman a început în anii 1960, într-o perioadă de optimism tehnologic și interes pentru robotică. General Electric (GE) a dorit să creeze un exoschelet portabil care să îmbunătățească capacitățile umane în mediul industrial, oferindu-le operatorilor forță supranaturală pentru manipularea obiectelor grele. [1]

Dispozitivul era alcătuit dintr-un sistem complex de hidraulică, servomecanisme și motoare electrice menite să imite mișcările umane. Însă, proiectul s-a confruntat cu numeroase probleme: lipsa unor sisteme avansate de control, dimensiunea și greutatea excesivă, precum și dificultăți financiare. Limitările tehnologice ale vremii au făcut ca Hardiman să fie greu de manevrat și nepractic pentru utilizare reală.

În 1971, din cauza costurilor ridicate și a provocărilor tehnice, GE a abandonat proiectul. Deși Hardiman nu a devenit un succes comercial, experiența acumulată a contribuit la evoluția exoscheletelor moderne, utilizate astăzi în domenii precum sănătatea, industria și armata. Hardiman rămâne un exemplu de inovație îndrăznească, chiar dacă a fost un concept prematur pentru tehnologia vremii.

Exoscheletele sunt dispozitive portabile echipate cu articulații motorizate, care oferă suport pentru ridicare, distribuirea greutății, corectarea posturii și alte funcții menite să reducă efortul și riscul de accidentare. Aceste echipamente sunt utilizate în principal pentru reabilitare fizică, dar câștigă tot mai mult teren în domeniile construcțiilor și industriei manufacturiere.

Modul de funcționare al exoscheletelor variază în funcție de partea corpului unde sunt montate și de tipul lor de alimentare. Unele modele redistribuie greutatea pentru a reduce solicitarea constantă și a crește rezistența utilizatorului, în timp ce altele folosesc unelte de prindere pentru a amplifica forța utilizatorului. Procesul de realizare a acestor funcții diferă în funcție de tipul exoscheletului.



Figura 1

În funcție de producător, exoscheletele pot fi mecanice sau pot funcționa cu o combinație de mecanică și electricitate. Structurile acestora pot fi realizate din materiale dure, precum metalul, sau din materiale moi, cum ar fi pânza și textilele, în funcție de tipul și funcția costumului.

Exoscheletele mecanice nu folosesc electricitate. Utilizatorii se bucură de longevitate pe teren, deoarece aceste instrumente nu au nevoie de reîncărcare sau de o sursă de alimentare suplimentară. Majoritatea exoscheletelor mecanice preiau greutatea dintr-o anumită zonă a corpului (cum ar fi brațele și umerii) și o redistribuie în alta (cum ar fi talia) pentru a reduce efortul și oboseala.

Exoscheletele parțiale sau complet electrice sunt de obicei mai puternice decât exoscheletele mecanice și suportă mai multă greutate. Ele pot viza zone mai specifice și pot crește presiunea și puterea acolo unde este necesar. Cu toate acestea, au nevoie de o sursă de alimentare și de timp pentru a se reîncărca între utilizări, așa că pot încetini activitatea dacă rămân fără energie în mod neașteptat.

În funcție de zona corpului pe care o susțin, exoscheletele pot fi clasificate ca [2]:

Exoschelete: Tehnologia care ne amplifică puterea

- exoscheletele corpului inferior – sunt capabile să transfere forțe la sol pentru a reduce sarcina sistemului musculo-scheletic
- exoscheletele corpului superior – utilizează de obicei structuri mecanice solide pentru a redistribui forțele corpului aplicate extremităților superioare și trunchiului, ceea ce înseamnă că alte regiuni ale corpului, cum ar fi șoldul sau picioarele, preiau sarcini suplimentare
- exoscheletele complete – sistemele care oferă atât sprijin corpului inferior cât și corpului superior.

În UE, peste 30% din sarcinile de lucru sunt asociate cu manipularea manuală a materialelor, ceea ce reprezintă un risc major pentru sănătate. Munca care implică sarcini repetitive, manipularea încărcăturilor grele, lucrul deasupra capului sau pozițiile periculoase ale corpului oferă diverse posibilități pentru utilizarea exoscheletelor.

Mănușile de forță se mulează pe mână pentru a îmbunătăți dexteritatea, fiind utile persoanelor care se confruntă cu slăbiciune musculară sau alte dificultăți în manipularea uneltelor și materialelor. Prinderea îmbunătățită este de ajutor atunci când se transportă unelte grele de mână sau se ridică diverse obiecte.[3]



Figura 2

Exoscheletele pentru brațe și umeri sunt ideale pentru sarcini deasupra capului, cum ar fi găurirea, tăierea sau șlefuirea. Ele oferă suport pentru ambii umeri și brațe, reducând efortul necesar pentru a menține unelte grele pe o perioadă îndelungată. Aceste exoschelete susțin muncitorii care ridică unelte și materiale grele deasupra taliei.



Figura 3

Exoscheletele pentru susținerea spatelui sunt concepute să se muleze în jurul umerilor, spatelui și taliei, reducând stresul asupra spatelui în timpul ridicării obiectelor grele. Unele modele de exoschelete pentru spate corectează, de asemenea, postura atunci când te apleci sau te ridici, în funcție de producător.



Figura 4

Exoscheletele pentru sezut, aceste exoschelete se blochează în poziție pentru a redistribui greutatea către sol și pentru a reduce presiunea asupra genunchilor și picioarelor. Astfel, minimizează solicitarea articulațiilor și mușchilor atunci când stai în picioare sau în poziție ghemuită pentru perioade lungi de timp. De asemenea, aceste dispozitive oferă utilizatorilor opțiunea de a „sta jos” în locuri unde scaunele nu sunt disponibile sau ar împiedica siguranța ori productivitatea în zona de lucru. Această funcționalitate este utilă pentru lucrătorii din construcții, care petrec mult timp în picioare în timpul zilei de muncă.



Figura 5

Exoscheletele pentru întreg corpul oferă suport pe tot corpul pentru a minimiza efortul, a maximiza productivitatea și a îmbunătăți forța. Acestea pot fi mecanice sau electrice, fiecare tip având propriile avantaje și dezavantaje, așa cum am menționat anterior.



Figura 6

Exoscheletele sunt compuse din diverse componente, care pot varia în funcție de design și scopul utilizării. [4] Componentele comune includ:

1. Cadru: Structura exoscheletului, realizată de obicei din metale ușoare precum aluminiul sau materiale compozite, oferă formă și susținere.
2. Actuatore: Dispozitive precum motoare sau sisteme pneumatice/hidraulice care generează mișcare și oferă asistență în deplasare.
3. Senzori: Detectează mișcarea, forța sau presiunea, oferind feedback pentru ajustarea răspunsului exoscheletului.
4. Sursa de alimentare: Baterii sau alte surse de energie pentru alimentarea sistemelor electrice sau hibride.
5. Controlere: Microprocesoare sau computere integrate care gestionează funcțiile exoscheletului și se adaptează la comenzile utilizatorului.
6. Curele și materiale de protecție: Materiale moi folosite pentru fixarea exoscheletului pe corp și pentru a oferi confort.

7. Articulații: Componente articulate care imită mișcările naturale ale corpului și permit flexibilitate.
8. Mecanisme de distribuție a greutateii: Elemente concepute pentru transferul eficient al greutateii, reducând efortul asupra anumitor părți ale corpului.
9. Unelte de prindere: Pentru modelele care asistă mâinile, unelte ce îmbunătățesc forța de prindere sau dexteritatea.
10. Materiale: O combinație de materiale dure (de exemplu, fibră de carbon, oțel) și moi (textile, spume) pentru durabilitate și confort.

Exoscheletele aduc beneficii economice semnificative angajaților, reducând costurile medicale prin prevenirea accidentărilor și afecțiunilor fizice. Ele cresc productivitatea, permițând finalizarea sarcinilor cu un efort mai mic și oferind oportunități pentru venituri suplimentare. Totodată, prelungesc durata activității profesionale, asigurând stabilitate financiară și reducând absențele de la muncă. Prin diminuarea oboselii, contribuie la o calitate mai bună a vieții și la economii indirecte. Exoscheletele devin astfel o soluție eficientă pentru sănătate și prosperitate pe termen lung.[5]

Exoscheletele oferă companiilor beneficii economice semnificative, crescând productivitatea muncitorilor și eficiența proceselor prin reducerea oboselii și a timpului de execuție. Prin prevenirea accidentărilor și a problemelor de sănătate, scad costurile asociate cu concediile medicale și compensațiile pentru angajați. De asemenea, contribuie la o mai bună retenție a personalului și reduc cheltuielile cu recrutarea și formarea de noi angajați. Îmbunătățirea siguranței la locul de muncă și a performanței generale consolidează competitivitatea firmei.

Am utilizat programele Tracker și MotionGen pentru a analiza și demonstra principiile de funcționare ale unui exoschelet. În Tracker (Fig. 7), am integrat un videoclip demonstrativ, capturând și analizând mișcările specifice, iar în MotionGen (Fig. 8), am realizat o simulare a mecanismului exoscheletului, evidențiind modul în care acesta facilitează mișcări precum ridicarea de pe un scaun.

Această demonstrație pune în valoare atât viteza de execuție, cât și forțele implicate în fiecare etapă a unui ciclu de funcționare. Prin analiza cinematică și modelarea mișcărilor, am urmărit să ilustrăm modul în care componentele exoscheletului interacționează în timpul utilizării.

Utilizarea combinată a celor două programe ne-a permis să obținem o perspectivă detaliată asupra mișcărilor și forțelor implicate, oferind o reprezentare vizuală clară a modului în care un astfel de sistem funcționează în practică.

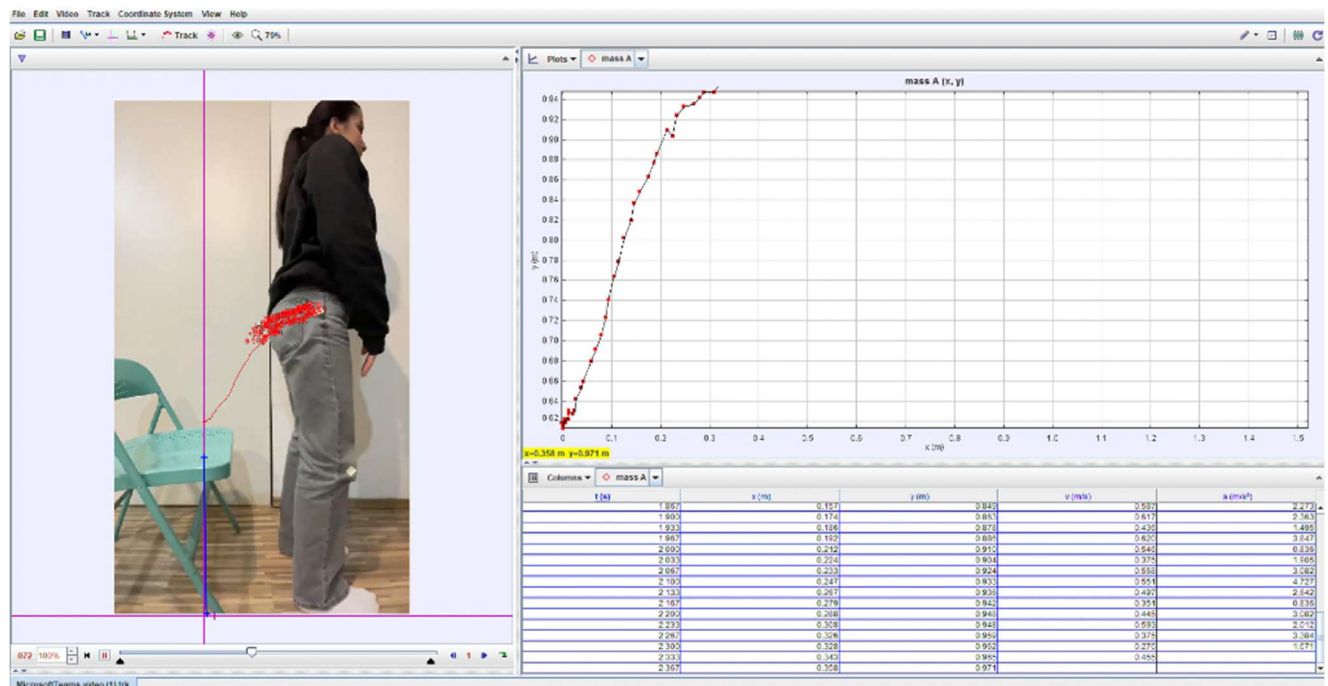


Figura 7

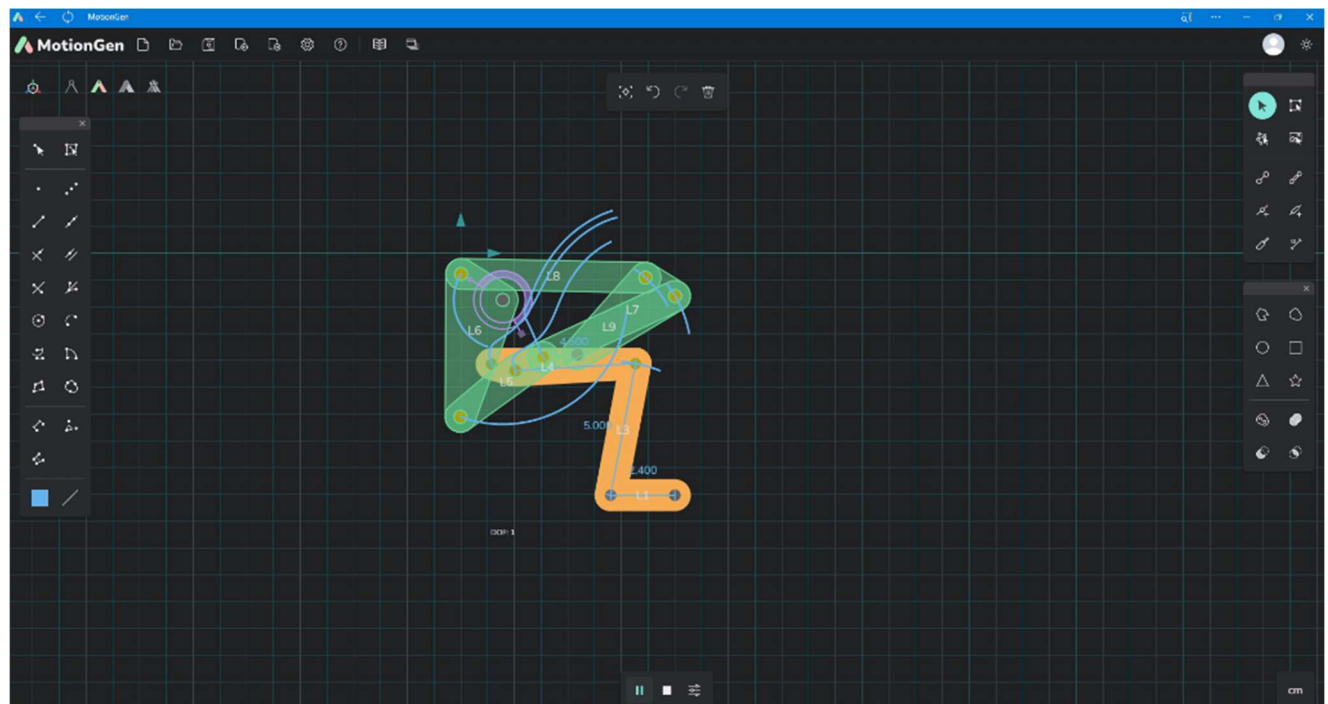


Figura 8

În concluzie, integrarea exoscheletelor în sectorul construcțiilor reprezintă un pas semnificativ către modernizarea și optimizarea forței de muncă. Această tehnologie nu doar că îmbunătățește considerabil condițiile de muncă, reducând oboseala și efortul fizic necesar pentru sarcinile solicitante, dar contribuie și la diminuarea riscurilor asociate accidentărilor și afecțiunilor musculo-scheletice, probleme frecvente în acest domeniu.

Mai mult decât atât, utilizarea exoscheletelor poate revoluționa fundamental modul în care sunt desfășurate operațiunile zilnice, permițând lucrătorilor să execute sarcini dificile cu mai puțin efort și într-un timp mai scurt. Aceasta se traduce printr-o productivitate crescută, un randament mai bun și o eficiență operațională îmbunătățită. În plus, beneficiile economice sunt evidente, deoarece reducerea accidentărilor și a timpului necesar recuperării forței de muncă poate duce la economii considerabile pentru companii, atât în ceea ce privește costurile medicale, cât și cele legate de întreruperile de producție.

Bibliografie

1. medium.com The Hardiman Exoskeleton, developed by General Electric (GE) in the 1960s, stood as a pioneering effort in the realm of powered exoskeletons. [1]
2. www.safelandia.ro Exoscheletele profesionale [2]
3. www.bigrentz.com How Construction Exoskeletons Work: An Animated Guide [3]
4. www.ghidpentrucreier.ro Exoscheletele: trecutul, prezentul și viitorul în țesuturilor mecanice [4]
5. www.catrentalstore.com What Is a Construction Exoskeleton? [5]