



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2019 00147**

(22) Data de depozit: **05/03/2019**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/06/2021** BOPI nr. **6/2021**

(41) Data publicării cererii:  
**30/09/2020** BOPI nr. **9/2020**

(73) Titular:  
• **UNIVERSITATEA DIN CRAIOVA,**  
*STR.ALEXANDRU I.CUZA NR.13,*  
*CRAIOVA, DJ, RO*

(72) Inventatori:  
• **GEONEA IONUȚ DANIEL,**  
*STR. DR. CTIN. ANGELESCU, NR.5,*  
*BL. V27, AP.4, SC.1, CRAIOVA, DJ, RO;*  
• **DUMITRU NICOLAE,**  
*STR.GHEORGHÎĂ GEOLGĂU NR.399,*  
*PIELEȘTI, DJ, RO;*

• **DUMITRU SORIN,** *STR.HENRI COANDĂ,*  
*NR.60, BL. P13, CRAIOVA, DJ, RO;*  
• **COPILUȘI PETRE CRISTIAN,**  
*STR.SERG.CONSTANTIN POPESCU*  
*NR.19, BL.42, SC.A, AP.14, CRAIOVA, DJ,*  
*RO;*  
• **CIUREZU-GHERGHE LEONARD,**  
*STR.PETRE ISPIRESCU BL.12, AP.4, SC.1,*  
*CRAIOVA, DJ, RO*

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**US 2016/0270997 A1; WO 2007/088044 A1;**  
**US 2010/0036302 A1**

(54) **EXOSCHELET DESTINAT ASISTĂRII MERSULUI UMAN  
ȘI REABILITĂRII**



# RO 134430 B1

1           Obiectul prezentei propunerii de brevet de invenție "Exoschelet destinat asistării  
mersului uman și reabilitării" este acela de a realiza un sistem mecatronic de tipul unui  
3           exoschelet, care este destinat asistării mersului persoanelor cu dizabilități locomotorii. Un  
exoschelet este definit ca un sistem mecatronic, care este atașat unui subiect uman și își  
5           aduce aportul motric la mișcarea membrelor inferioare. El poate fi purtat de persoane cu  
deficiențe locomotorii sau în scopul măririi capacității de deplasare când purtăm greutate.

7           Domeniul de aplicabilitate al propunerii de brevet de invenție îl constituie domeniul  
medical și ingineresc, acela al ingineriei biomedicale.

9           Principala motivație a reabilitării mersului uman este de a ajuta un pacient să se  
recupereze ca urmare a rănilor suferite, a bolilor neuronale sau pentru a recupera anumite  
11          abilități locomotorii, pentru a promova cât mai multă independență în activitățile de zi cu zi  
și pentru a asista pacientul în compensarea deficiențelor care nu pot fi tratate medical.

13          Prin urmare, se fac eforturi la nivel mondial pentru automatizarea reabilitării loco-  
motorii. Dispozitivele robotizate au potențialul de a face terapia mai accesibilă și, astfel,  
15          disponibilă pentru mai mulți pacienți.

17          În domeniul recuperărilor medicale, este necesară recuperarea locomotorie a  
pacienților, care au avut accidente vasculare cerebrale sau ale coloanei vertebrale, pentru  
a putea să practice din nou activitatea de mers.

19          Scopul exercițiilor de reabilitare este de a efectua anumite mișcări prin activități  
repetitive care provoacă plasticitate motorie pentru pacient și prin urmare aduce îmbunătăți-  
21          rea activității locomotorii și minimizarea deficiențelor funcționale.

23          Reabilitarea mișcării este dependentă de piciorul afectat, deci membrul afectat  
trebuie să fie supus exercițiilor fizice.

25          O treime din pacienții supraviețuitori din accident vascular cerebral nu își recapătă  
capacitatea independentă de mers și cei ambulatorii, merg într-o manieră tipică asimetrică.  
Terapiile de reabilitare sunt esențiale pentru recuperare și, prin urmare, multe cercetări sunt  
27          în desfășurare în domeniu.

29          Procesul de reabilitare pentru recâștigarea unei mobilități semnificative poate fi  
împărțit în trei etape: (1) pacientul în pat este mobilizat în scaun cât mai curând posibil, (2)  
restaurarea mersului și (3) îmbunătățirea mersului (adică, mersul liber dacă este posibil).

31          Terapiile tradiționale de reabilitare presupun un volum mare de muncă, în special  
pentru reabilitarea mersului, adesea necesitând mai mult de trei terapeuți simultan pentru  
33          a ajuta manual picioarele și trunchiul pacientului, pentru a efectua instruirea. Acest fapt  
impune o povară economică enormă sistemului de sănătate al fiecărei țări, limitând astfel  
35          acceptarea sa clinică. În plus, schimbările demografice (îmbătrânirea), lipsa personalului din  
domeniul sănătății și necesitatea unei îngrijiri de calitate superioară prevăd o creștere a  
37          costului mediu de la primul accident vascular cerebral până la deces, în viitor. Toți acești  
factori stimulează inovarea în domeniul reabilitării, astfel încât aceasta să devină mai  
39          accesibilă și disponibilă pentru mai mulți pacienți și pentru o perioadă mai lungă de timp.

41          Robotica pentru tratamentul de reabilitare este un domeniu în curs de dezvoltare care  
se așteaptă să crească, ca o soluție pentru automatizarea reabilitării. Reabilitarea robotică  
poate: să înlocuiască efortul de antrenament fizic al unui terapeut, permițând mișcări  
43          repetitive mai intense și oferind terapie la un cost rezonabil și să evalueze cantitativ nivelul  
de recuperare a motricității prin măsurarea forței și traiectoriilor de mișcare.

45          În literatura recentă, multe lucrări se ocupă de reabilitarea robotică a membrelor  
inferioare. Scopul acestor cercetări este de a revizui interfețele existente, precum și lucrările  
47          în curs de desfășurare, pentru a arăta cercetătorilor stadiul actual al tehnicii și parcursul în  
domeniu.

# RO 134430 B1

În ultimul deceniu, s-au dezvoltat mai multe sisteme robotice de reabilitare a membrelor inferioare pentru a restabili mobilitatea membrelor afectate. Aceste sisteme pot fi grupate în funcție de principiul de reabilitare pe care îl urmează:	1
a) sisteme de mers pe bandă cu sistem de suspendare a pacientului;	3
b) sisteme de mers pe bază de plăci sub picioare;	5
c) sisteme de mers pe sol;	
d) sisteme de mers staționare, pe scaun;	7
e) sisteme de reabilitare a gleznei:	
e <sub>1</sub> ) sisteme staționare;	9
e <sub>2</sub> ) orteze active pentru picior.	
Din categoria sistemelor robotice care urmăresc mișcarea pacienților pe sol sunt comercializate sistemele: KineAssist, WalkTrainer, Rewalk. Acestea permit pacienților să se miște sub propriul control, în loc să execute mișcări cu traiectorii predeterminate.	11
Aspectul stadiului actual al sistemelor de tip exoschelet pentru membrele inferioare este prezentată de autorii <b>Dollar, Aaron M., și Hugh Herr, în lucrarea “Lower extremity exoskeletons and active orthoses: challenges and state-of-the-art”, publicată în IEEE Transactions on robotics 24.1 (2008): 144-158.</b> Este prezentat aspectul dezvoltării sistemelor exoschelet din ultimii 60 de ani, din perspectiva de știință și ficțiune la început, până la produsele comercializate curent.	13
Primele cercetări în acest domeniu, al sistemelor de tip exoschelet, datează din anul 1960, și inițiativa revine la două grupuri separate de cercetători, unul din SUA și altul din fosta Iugoslavia. Primul grup avea drept obiectiv dezvoltarea unei tehnologii pentru a îmbunătăți abilitățile corpului uman purtător, adesea în scop militar, în timp ce al doilea grup încerca să dezvolte o tehnologie de asistare a persoanelor cu dizabilități.	15
O altă cercetare prezintă sisteme de reabilitare robotice pentru membrele inferioare [ <b>I. Díaz, J.J. Gil, E. Sánchez, “Lower-limb robotic rehabilitation: literature review and challenges”, J. Robot. (2011).</b> ]. Din prima categorie există pe piață 3 sisteme: Lokomat, LokoHelp și ReoAmbulator.	17
În acest sens au fost dezvoltate sisteme de reabilitare, care sunt obiectul a numeroase brevete de invenție. Spre exemplu, în <b>US 6666831 B1</b> , din 23 decembrie 2003 se prezintă o metodă și un sistem pentru antrenamentul susținerii greutății corporale în timpul locomoției pe o bandă rulantă. Sistemul utilizează un dispozitiv de tip stepper programabil, care acționează ca un sistem de tip exoschelet motor de la o bază fixă, [ <b>Edgerton, V. Reggie, et al. “Method, apparatus and system for automation of body weight support training (BWST) of biped locomotion over a treadmill using a programmable stepper device (PSD) operating like an exoskeleton drive system from a fixed base” US 6666831, 23 Dec. 2003.</b> ]	19
Se cunoaște un sistem de asistare completă a mobilității și a mersului unui utilizator paraplegic sau cu mobilitate limitată ( <b>US 2016/0270997 A1</b> ), care are în componere un exoschelet, un sistem de comandă pentru controlul mișcărilor exoscheletului și o sursă de energie, exoscheletul cuprinzând o pereche de structuri aferente picioarelor, fiecare cu un element de picior superior și un element de picior inferior, de lungimi reglabile, cu elemente de antrenare asociate, o pereche de elemente pentru susținerea tălpilor, un cadru pentru atașare în zona șoldurilor, toate elementele fiind cuplate între ele prin articulații, elementele de antrenare fiind acționate de câte un motor electric.	21
	23
	25
	27
	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45

# RO 134430 B1

1 Se mai cunoaște un aparat ortopedic de asistare a mobilității membrelor inferioare  
(WO 2007/088044 A1), care are în componere un exoschelet alcătuit din tije articulate  
3 corespunzătoare fiecărui segment al membrelor inferioare, care sunt articulate între ele prin  
niște bolțuri, elementele componente fiind atașate la un corsaj dispus pe trunchiul pacien-  
5 tului, precum și două elemente de antrenare prevăzute cu câte un motor electric intern.

7 Din categoria sistemelor active de reabilitare, un interes deosebit îl prezintă sistemele  
de tipul exoschelet.

9 În cadrul prezentei cereri de brevet de invenție, este proiectat un sistem de asistare  
a locomoției persoanelor cu dizabilități locomotorii. Sistemul propus pentru asistarea  
11 locomoției umane este compus din două mecanisme pentru picioare și un cadru superior  
care se atașează subiectului uman. În componența sistemului intră un cadru atașat de  
13 bazinul pacientului. Pe cadrul superior este atașat motorul de acționare, este montat cu  
rulmenți arborele motor pe care sunt fixate manivelele ale mecanismelor pentru picioare.  
15 Mecanismele pentru picioare au în structură elemente cinematice conectate prin cuple  
cinematice de rotație, conform schemei cinematice din fig. 1.

17 Problema tehnică pe care urmărește să o rezolve invenția constă în realizarea unui  
exoschelet pentru asistarea locomoției membrelor inferioare, care să permită mișcări  
repetitive cu un efort constructiv redus, care are o structură de tip lanț cinematic închis.

19 Exoscheletul destinat asistării persoanelor cu dizabilități locomotorii, cu structură și  
mișcare similare piciorului uman, conform invenției, realizat din două lanțuri cinematice  
21 plane, mono mobile, câte unul pentru fiecare picior, incluzând un element cu rol de femur și  
un element cu rol de tibie, rezolvă problema tehnică și înlătură dezavantajele menționate prin  
23 aceea că fiecare lanț cinematic conține elemente cinematice mobile de tip bară cu secțiune  
dreptunghiulară, conectate prin 10 cuple de rotație constituite din niște axe sau bolțuri, o  
25 manivelă având rol de element cinematic mobil conducător, care este asamblată pe un  
arbore motor lăgăruit pe un cadru superior atașabil bazinului pacientului, la care mișcarea  
27 este transmisă prin intermediul unei transmisii cu lanț prin două roți, una conducătoare și una  
condusă, de la un singur motor electric cu reductor, pe cadrul superior fiind montate, prin  
29 intermediul cuplelor de rotație reprezentând articulațiile de șold, elementul cinematic mobil  
cu rol de femur și un alt element cinematic conectat printr-un element intermediar la roata  
31 condusă.

33 Sistemul propus pentru asistarea locomoției umane se deosebește de soluțiile  
existente prin aceea că utilizează un singur motor pentru a transmite mișcarea la elementele  
35 motoare ale celor două mecanisme. În schimb, marea majoritate a soluțiilor existente  
utilizează lanțuri cinematice deschise, cu motoare amplasate în cuple (pentru șold, genunchi  
și gleznă). Acest tip de soluții necesită utilizarea unor sisteme de comandă și control, pentru  
37 a realiza legile de mișcare ale membrelor inferioare.

39 Sistemul de tip exoschelet propus pentru asistarea locomoției umane, conform  
invenției, este compus din două mecanisme pentru picioare, care au structură de tip lanț  
41 cinematic închis, un cadru superior care se atașează de bazinul pacientului. Pe cadrul  
superior se montează motorul și transmisia prin lanț care transmite mișcarea unui arbore  
43 lăgăruit pe cadrul superior, prin cupla A (vezi fig. 1). Tot pe cadrul superior sunt conectate,  
conform schemei cinematice a mecanismului din fig. 1, cuplele cinematice F și E, de rotație  
între cadrul superior și elementele 6 și 3.

45 Se prezintă în cele ce urmează descrierea invenției, pe baza fig. 1...6 care reprezintă:  
- fig. 1, schema cinematică a mecanismului piciorului exoscheletului. Modelul  
47 proiectat 3D. Traectoria realizată de talpă;

# RO 134430 B1

- fig. 2, modelul proiectat 3D al exoscheletului. Vedere din dreapta;	1
- fig. 3, prototipul exoscheletului (vedere din stânga). Detalii ale părții superioare;	
- fig. 4, vederi de ansamblu ale exoscheletului. Detalii ale elementelor cu lungimea reglabilă;	3
- fig. 5, vedere de detaliu a cadrului superior, cu motorul de acționare;	5
- fig. 6, dimensiuni de gabarit ale ansamblului exoschelet-subiect uman, în [mm].	
Originalitatea soluției, conform invenției, constă în proiectarea unui mecanism cu structură antropomorfică, care este implementat ca picior al unui exoschelet, utilizat pentru asistarea mersului persoanelor cu dizabilități locomotorii. Mecanismul proiectat are o structură și mișcare similară piciorului uman (realizează mișcarea din articulațiile genunchiului și șoldului, traiectoria tălpii) și are în structură segmentele piciorului. Elementul <b>6</b> are rolul structural al femurului, iar elementul <b>7</b> , prin segmentul <b>HM</b> îndeplinește rolul funcțional al tibiei. Traectoria descrisă de talpă este ovoidă, asemănătoare cu cea realizată de subiecții umani la mersul normal. De asemenea unghiurile de variație din cuplele <b>H</b> și <b>F</b> , care corespund articulației șoldului și genunchiului uman înregistrează variații similare subiecților umani. Deoarece, parametrii mersului uman prezintă variabilitate de la un individ la altul, sau chiar de la un pas la altul al aceluiași subiect, în anumite limite, pentru proiectarea mecanismului, s-a considerat un ciclu mediu pentru legile de variație ale unghiurilor din articulații.	7
Schema cinematică a mecanismului pentru picioarele exoscheletului de asistare a locomoției, este prezentată în fig. 1. Mecanismele picioarelor sunt compuse din 7 elemente conectate prin 10 cuple cinematice de rotație. Sunt utilizate notațiile cu cifre de la 1 la 7 pentru elementele mecanismului, și cu litere pentru cuplele cinematice.	9
Elementul conducător al mecanismului este manivela <b>1</b> , pentru fiecare picior. Cupla fixă <b>M</b> , corespunde articulației gleznei. Elementul <b>5</b> al mecanismului modelează structural femurul iar elementul <b>6</b> modelează structural tibia. De asemenea, cupla de rotație <b>F</b> reprezintă articulația șoldului, iar cupla de rotație <b>H</b> articulația genunchiului. Mecanismul realizează în articulații mișcările corespunzătoare de flexie-extensie ale piciorului uman.	11
Exoscheletul se compune din două mecanisme pentru piciorul drept, respectiv stâng. Pentru acționarea celor două mecanisme este utilizat motorul electric cu reductor <b>10</b> , care este montat pe cadrul superior <b>9</b> . Prin intermediul unei transmisii cu roți de lanț mișcarea este transmisă la arborele <b>13</b> , care este montat pe cadrul superior <b>9</b> prin intermediul unor lagăre cu rulmenți radiali cu ace sau lagăre de alunecare. Elementele conducătoare <b>1</b> ale celor două mecanisme pentru picioare sunt conectate pe axul <b>13</b> , având poziții unghiulare opuse, la 180 grade. Pe cadrul superior sunt conectate prin cuplele de rotație (materializate prin ax sau bolt) <b>F</b> și <b>E</b> elementele <b>6</b> și <b>3</b> . Pentru a permite adaptarea exoscheletului pe subiecți umani cu diferite dimensiuni ale piciorului elementele <b>6</b> și <b>7</b> sunt formate din două părți care culisează într-un canal paralelipipedic, (fig. 4). Cele două părți, care compun elementul reglabil, permit modificarea lungimii elementului, după care cele două părți sunt fixate cu șuruburi, pentru a împiedica mișcarea relativă. Exoscheletul are o structură asemănătoare piciorului uman: cupla <b>F</b> reprezintă articulația șoldului, cupla <b>H</b> reprezintă articulația genunchiului iar elementele <b>FH</b> și <b>HM</b> reprezintă femurul și tibia.	13
	15
	17
	19
	21
	23
	25
	27
	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41

# RO 134430 B1

## Revendicări

1

3

1. Exoschelet destinat asistării persoanelor cu dizabilități locomotorii, cu structură și mișcare similare piciorului uman, realizat din două lanțuri cinematice plane, mono mobile, câte unul pentru fiecare picior, incluzând un element cu rol de femur (6) și un element cu rol de tibie (7), **caracterizat prin aceea că** fiecare lanț cinematic conține 7 elemente cinematice mobile (1-7) de tip bară cu secțiune dreptunghiulară, conectate prin 10 cuple de rotație (A-H) constituite din niște axe sau bolțuri (15), o manivelă (1) având rol de element cinematic mobil conducător, care este asamblată pe un arbore motor (13) lăgăruit pe un cadru superior (9) atașabil bazinului pacientului, la care mișcarea este transmisă prin intermediul unei transmisii cu lanț prin două roți, una conducătoare (11) și una condusă (12), de la un singur motor electric cu reductor (10), pe cadrul superior (9) fiind montate, prin intermediul cuplelor de rotație (E, F) reprezentând articulațiile de șold, elementul cinematic mobil cu rol de femur (6) și un alt element cinematic (3) conectat printr-un element intermediar (2) la roata condusă (12).

9

11

13

15

17

2. Exoschelet conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** lungimile elementelor cu rol de femur (6) și cu rol de tibie (7), constituite din două părți care culisează într-un canal paralelipipedic, sunt reglabile în funcție de dimensiunile antropomorfe ale subiecților.

19

21

3. Exoschelet conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** realizează o traiectorie ovoidă a unui element cu rol de talpă (8), similară traiectoriei tălpii piciorului uman, precum și amplitudini unghiulare similare celor realizate la mersul uman în cuplele reprezentând articulația de șold (F), respectiv de genunchi (H).

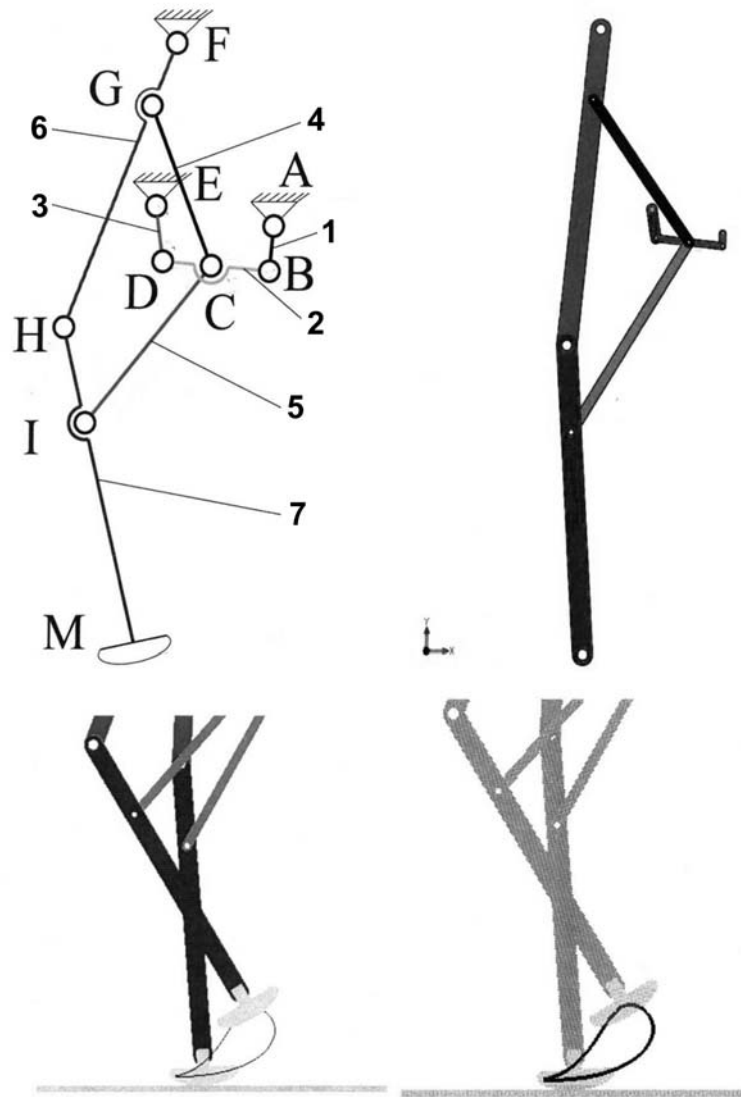


Fig. 1

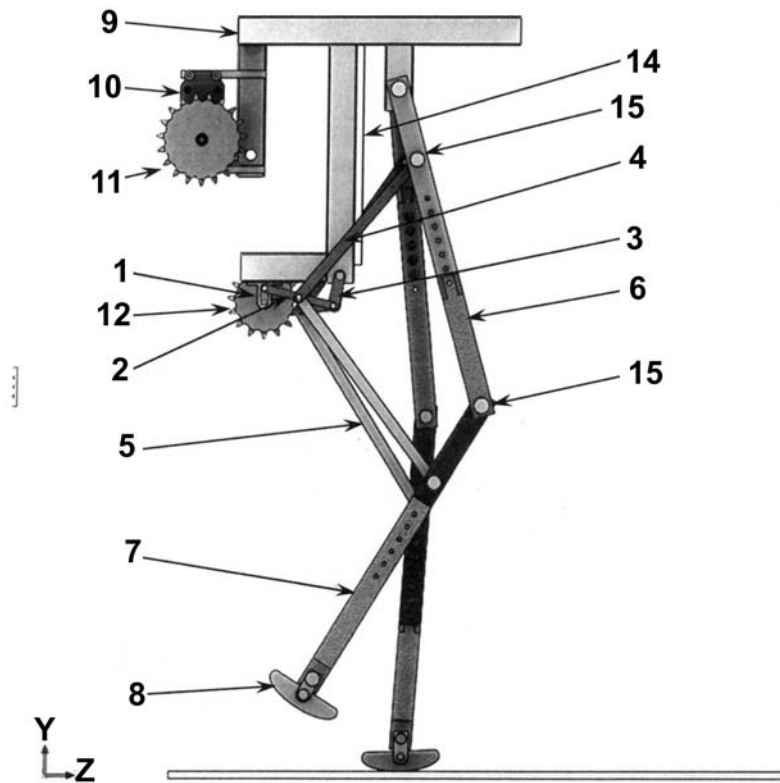


Fig. 2



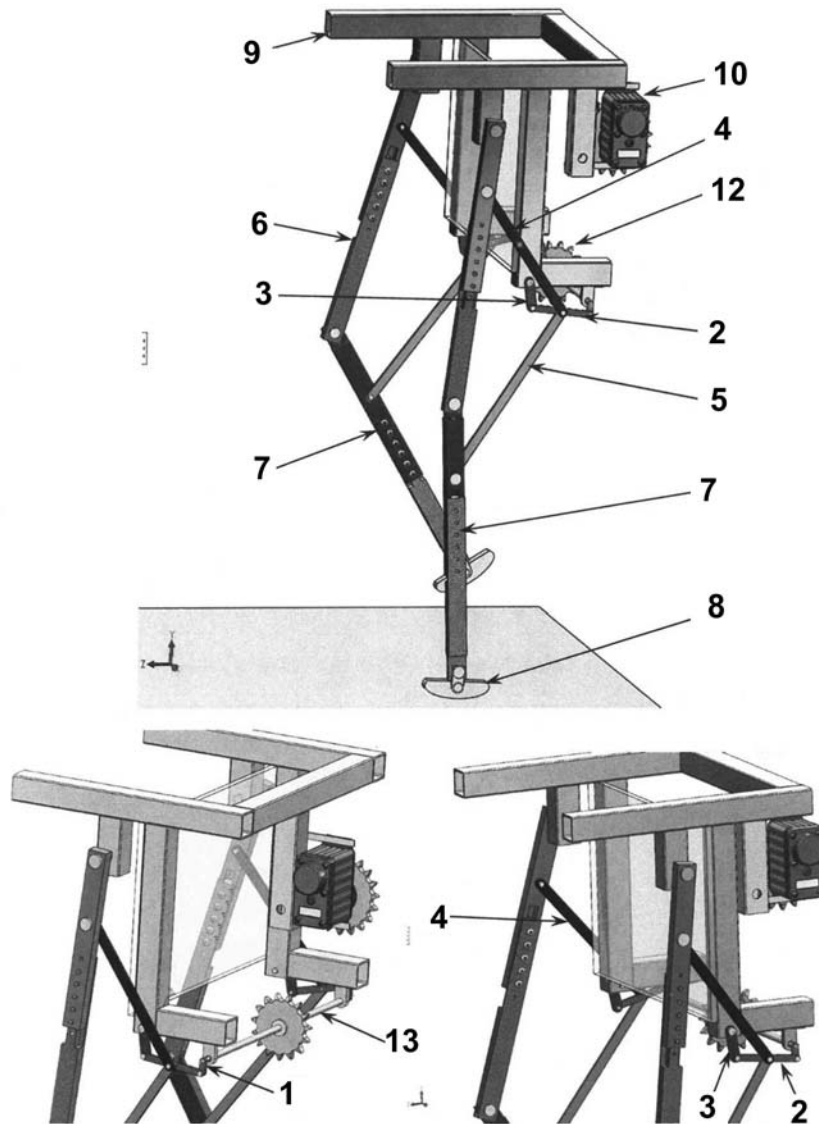


Fig. 3

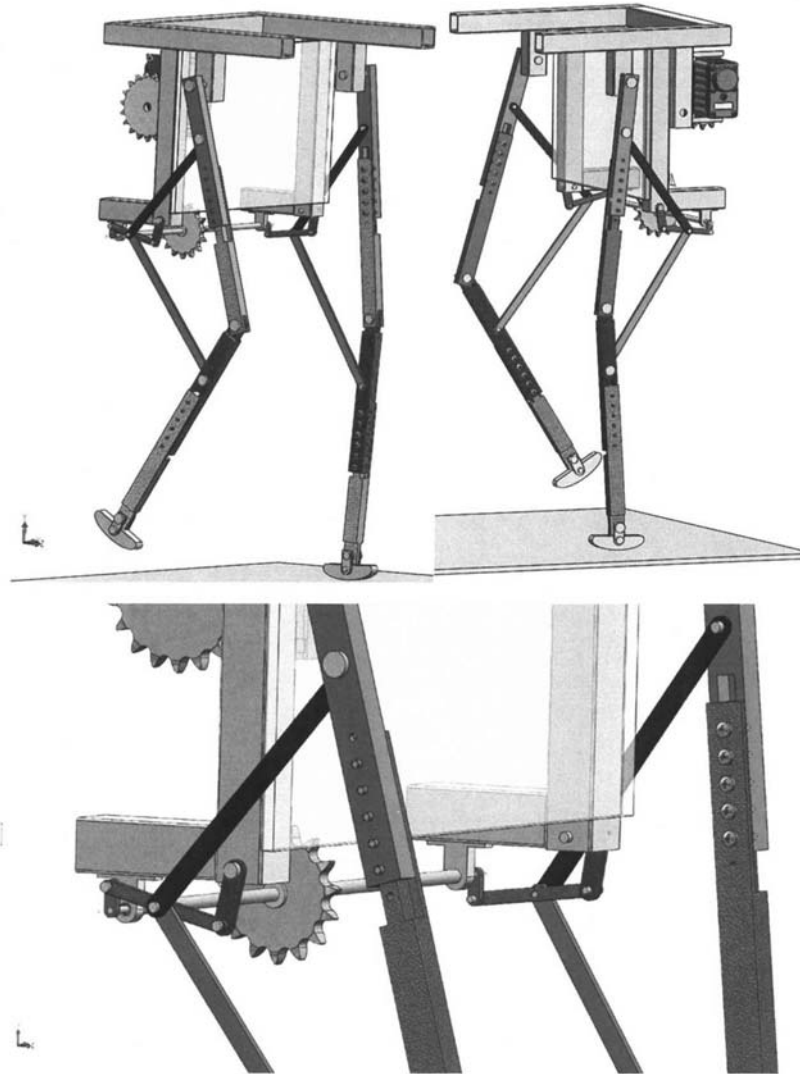


Fig. 4

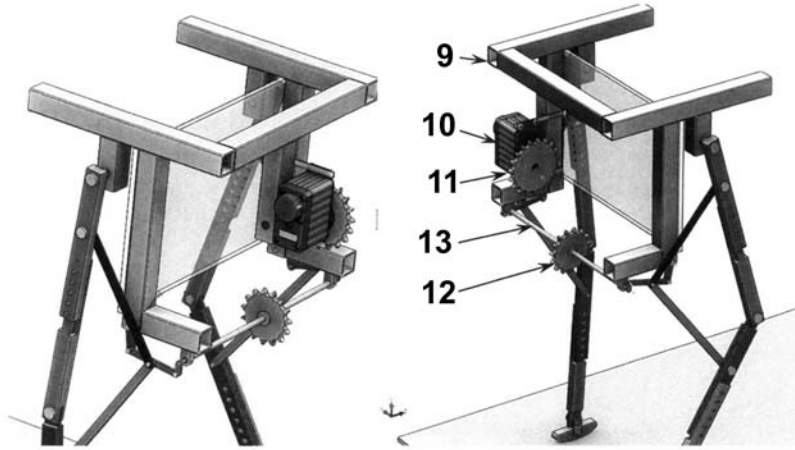


Fig. 5

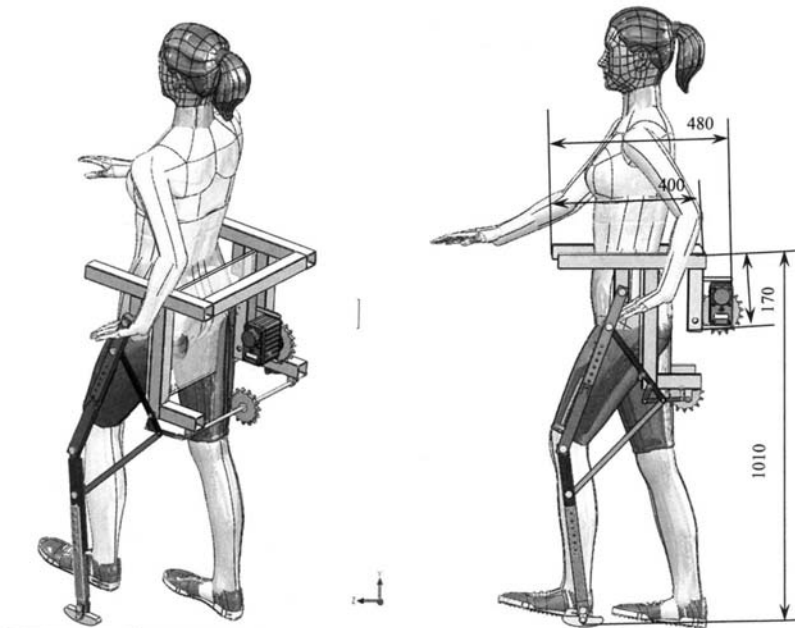


Fig. 6

