

**ՄԵԽԱՆԻԿԱ, ՄԵՔԵՆԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ,
ՄԵՔԵՆԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ, ՏՐԱՆՍՊՈՐՏ, ԴԻՉԱՅՆ**

ՄԵԽԱՆԻԿԱ ԵՎ ՄԵՔԵՆԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

ՀՏԴ 62-236.58:606:61

Բ.Հ. ՇԱՀԱԶԻՋՅԱՆ, Ն.Հ. ՀԱԿՈՔՅԱՆ, Մ.Գ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

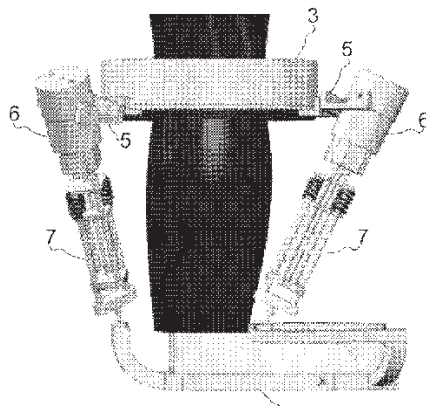
**ԷԿՉՈՍԿԵԼԵՏԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԵՎ ԴՐԱՆՑ ԱԿՏԻՎ ՄՈԴՈՒԼՆԵՐԻ
ԱՐԴԻԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

Ներկայացվել են մարդու հոդերի և մկանների գործառույթները վերականգնող նոր սարքեր, որոնք առաջարկվել են հեղինակների կողմից և արժանացել ՀՀ գյուտի արտոնագրերի: Նկարագրվել են դրանց կառուցվածքը, աշխատանքի սկզբունքը և այն առավելությունները, որոնցով դրանք օժտված են՝ շնորհիվ արդիական էլեկտրաակտիվ պոլիմերմետաղական ակտուատորների կիրառման և կառուցվածքի կատարելագործման:

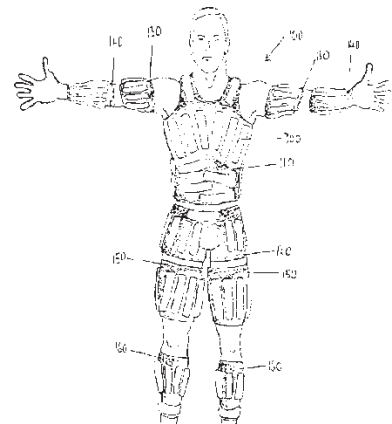
Առանցքային բառեր. Էկզոսկելետոնային համակարգ, ակտիվ մոդուլ, պոլիմերմետաղական ակտուատոր:

Ներածություն: Մարդու հենաշարժողական ապարատի վնասվածքների հետևանքով գործառույթների ժամանակավոր կամ մշտական կորստի դեպքում, ինչպես նաև տարեց մարդկանց աջակցման համար կիրառվում են շարժողական գործառույթներին օժանդակող և վերականգնող սարքեր: Հիմնականում դրանք առաձգական օղակներով և կինեմատիկ զույգերով, ինչպես նաև առաձգական ակտուատորներով և փոխանցիչ մեխանիզմներով վերականգնողական սարքեր են [1-5], որոնց արդիականությունը պայմանավորված է առաջին հերթին նոր նյութերի (պոլիմերներ, կարբոն և այլն) ստացման տեխնոլոգիաների զարգացումով և վերականգնողական սարքերին ներկայացվող պահանջներով՝ փոքր զանգված, ճկունություն, բազմաֆունկցիոնալություն, դյուրակրություն, էներգախնայողություն, հարմարավետություն:

Սպորտում կամ առօրյա կյանքում ստացված վնասվածքների վերականգնման գործընթացում կարևորվում են հոդերի շարժունությունն ու մկանների գործառույթները համալիր վերականգնող էկզոսկելետոնային համակարգերը և դրանց մոդուլները [1, 2] (նկ. 1, 2):



Նկ. 1. Հողերի շարժունությունը վերականգնող սարք

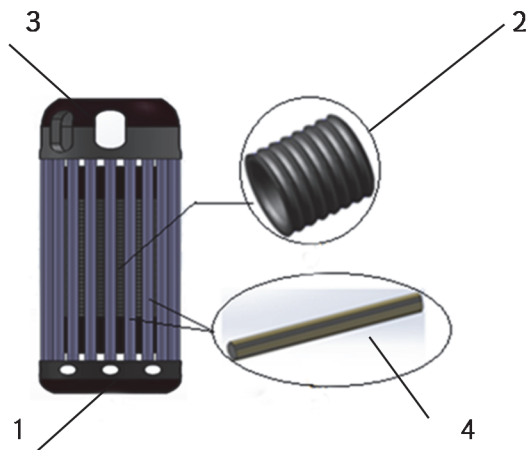


Նկ. 2. Մկանների գործառնությունը վերականգնող համակարգ

Կարգավորվող էկզոսկելետոնային սարք: Արտոնագրային գրականությունից հայտնի [1] “A RECONFIGURABLE ANKLE EXOSKELETON DEVICE” (United States Patent Application US 2010/0331150 A1, Dec. 30, 2010) էկզոսկելետոնային սարքը (նկ.1) կարգավորվող է և ունի շարժական հարթակ՝ միացված մարդու հողը կազմող սեգմենտներից մեկին, հիմքային հարթակ՝ միացված սեգմենտներից մյուսին, և հարթակներն իրար միացնող տարրեր: Սարքը նախատեսված է մարդու ոտնաթաթ-սրունք հողի չափաբերված բեռնվածքով ու շարժումների տիրույթով վերականգնում իրականացնելու համար: Կարգավորելով շարժումների չափը և ճիգերը, այն հավասարակշռված/ չափաբերված վարժանքներ է իրականացնում: Սակայն այս սարքն ունի սահմանափակ կիրառման տիրույթ, չի կարող օգտագործվել այլ հողերի շարժողական գործառնությունը վերականգնելու համար: Այն ունի բարդ կառուցվածք և անհարմարավետ է, ունի գաբարիտային մեծ չափեր, մեծ զանգված ու էներգատարություն: Հեղինակների կողմից, կարգավորվող զուգահեռ մեխանիզմների հիմքի վրա, մշակվել է նոր տեխնիկական լուծում, որը կարող է ծառայել մարդու տարբեր հողերի չափաբերված բեռնվածքով ու շարժումների տիրույթով վերականգնման գործընթաց իրականացնելու համար:

Նոր լուծման էությունը հետևյալն է. կարգավորվող էկզոսկելետոնային սարքը (նկ.3) ունի շարժական հարթակ (1)՝ միացված հող կազմող սեգմենտներից մեկին, հիմքային հարթակ (2)՝ միացված սեգմենտներից մյուսին, և հարթակներն իրար միացնող, կոնտրոլի միջոցով կառավարվող, կոշտություն ունեցող էլեկտրաակտիվ պոլիմերմետաղական ակտուատորներով օժտված տարրեր (3), իսկ շարժական հարթակը պատրաստված է սնամեջ, ինչը հնարավորություն է

տալիս սարքի տեղադրումը այլ հոդերում: Սարքն ունի պարզ կառուցվածք, հարմարավետ է, ունի գաբարիտային փոքր չափսեր, շնորհիվ պոլիմերմետաղական ակտուատորների տեղադրման՝ դյուրակիր է, թեթև է ու էներգախնայող:



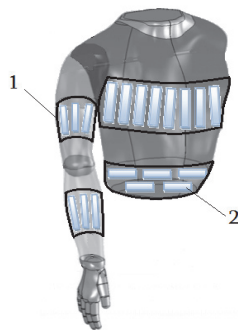
Նկ. 3. Կարգավորվող էկզոսկելետոնային նոր սարքը

Կարգավորվող էկզոսկելետոնային սարքի աշխատանքի սկզբունքը հիմնված է էլեկտրասկտիվ պոլիմերային ակտուատորներին հաղորդվող էլեկտրական ազդակից դրանց չափերի, ձևի և կոշտության փոփոխման երևույթի վրա: Ակտուատորների դեֆորմացումը նման է բնական մկանների կրճատմանը, այն տարբերությամբ, որ դրանք ունակ են աշխատելու ինչպես կրճատմամբ, այնպես էլ ընդարձակմամբ: Ակտուատորների ակտիվացումը և կառավարումը կատարվում է կոնտրոլերով՝ էլեկտրական լարման արժեքների փոփոխման միջոցով, սակայն կառավարման համար չի բացառվում նաև ուղեղի ուժեղացված ազդակների կիրառումը: Հոդի հատվածում տեղակայված առաձգական տարրը նպաստում է մոդուլի աշխատանքի կայունությանը և առաձգական դեֆորմացման էներգիայի կուտակման շնորհիվ՝ օժանդակում է շարժումներին:

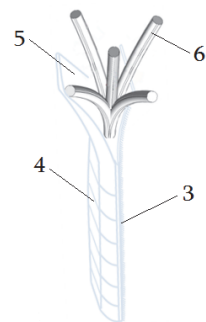
Կառավարվող էկզոսկելետոնային համակարգ: Արտոնագրային գրականությունից հայտնի “EXOSKELETON SYSTEM” (United States Patent Application Publication US 2013/00000 A1, Jan. 3, 2013) [2] (նկ.2) մոդուլային էկզոսկելետոնային համակարգը ծառայում է մարդու մարմնի տարբեր հատվածներին բեռնվածություն ապահովելուն և դրանով իսկ մկանային համակարգի բնականոն գործառույթների վերականգնմանն աջակցելուն: Այս էկզոսկելետոնային համակարգը մարդը կրում է իրանի վերին և ստորին հատվածներին, բազկին, նախաբազկին, ազդրին և սրունքին: Մոդուլներն ունեն միատեսակ կառուցվածք. դրանց տարբեր տեղամասերում ըստ անհրաժեշտության ամրացված են միևնույն բազմաշերտ

կառուցվածքով գրպանիկներ՝ ներքին նեյլոնե հնքնակաչուն շերտով, որով այն հնարավորություն ունի ամրանալու մոդուլի դրսից նրա ցանկացած հատվածում՝ արտաքին պաշտպանիչ փափուկ թավշե շերտով և միջին նեոպրենե շերտով: Այս էկզոսկելետոնային համակարգի թերությունն այն է, որ չի նպաստում մարդու մկանների վրա չափաբերված բեռնվածությանը և դրանց ստիպողական կրճատմանը՝ մոդուլի կոշտության կառավարման միջոցով, և չունի ակտիվ ազդեցություն մկանների պասսիվ լինելու պարագայում, քանի որ դրա գրպանիկների միջին նեոպրենե շերտերն ակտիվ չեն և միայն զսպանակների դեր են կատարում:

Առաջարկվել է նոր համակարգ (նկ. 4)՝ կազմված մարմնի տարբեր հատվածներին ըստ անհրաժեշտության ամրացվող միատեսակ մոդուլներից, որոնցում տեղադրվում են կառավարվող էլեկտրաակտիվ պոլիմերմետաղական ակտուատորներով օժտված տարրեր: Այս համակարգը ծառայում է մարդու մարմնի տարբեր հատվածներին կառավարվող բեռնվածություն ապահովելու և դրանով իսկ մկանային համակարգի բնականոն գործառույթների վերականգնմանն աջակցելու նպատակին: Այստեղ (նկ. 4) բազմաշերտ կառուցվածքով գրպանիկները (2)՝ ներքին նեյլոնե հնքնակաչուն շերտով (3), արտաքին պաշտպանիչ փափուկ թավշե շերտով (4) և զսպանակի դեր կատարող միջին առածական նեոպրենե շերտով (5), հնարավորություն ունեն ամրանալու մոդուլի դրսից նրա ցանկացած հատվածում և կառավարվող բեռնվածությունն ապահովելով՝ իրականացնելու մկանների բնականոն շարժունության վերականգնում: Գրպանիկների (նկ. 5) միջին շերտում տեղադրվել են կոնտրոլերի միջոցով կառավարվող էլեկտրաակտիվ պոլիմերմետաղական ակտուատորներով տարրեր (6), ինչը հնարավորություն է տալիս չափաբերել մոդուլի անհրաժեշտ տեղամասում կոշտությունը և/կամ ազդող ճիգերը, դրանով ընդլայնել էկզոսկելետոնային համակարգի հնարավորությունները և բարձրացնել օգտագործման արդյունավետությունը:



Նկ. 4. Էկզոսկելետոնային համակարգը



Նկ. 5. Բազմաշերտ կառուցվածքով գրպանիկը

Էլզոսկելետոնային համակարգի աշխատանքի սկզբունքը հետևյալն է. երբ էլեկտրակալիվ պոլիմերմետաղական (6) ակտուատորներին հաղորդվում է էլեկտրական լարում, դրանք երկարում կամ կարճանում են, քանի որ ունակ են փոփոխելու իրենց չափերը, ձևը և կոշտությունը էլեկտրական ազդակ ստանալիս: Գրպանիկները դեֆորմացման են ենթարկվում նաև մոդուլի հետ միացման տեղամասերում: Ընդ որում, էլեկտրական լարման հաստատուն մակարդակը պահպանելու դեպքում ապահովվում է մոդուլի տվյալ տեղամասի անհրաժեշտ կոշտությունը և դրան համապատասխան մոդուլի դիմադրությունը մկանների կրճատմանը: Մկանների որոշակի պասսիվության դեպքում ակտուատորների դեֆորմացումը ստիպում է մոդուլի համապատասխան տեղամասին հարող մկաններին աշխատել և վերականգնել իրենց ակտիվությունը:

Եզրակացություն: Էլեկտրակալիվ պոլիմերմետաղական ակտուատորներով վերականգնողական սարքերի նախագծման և կառավարման խնդիրների լուծումը հնարավորություն է տալիս ստեղծել կառավարվող կոշտություններով համապիտանի գերակալված Նոր վերականգնողական սարքերի մոդուլներ և համակարգեր, որոնք նմանակելով հենաշարժողական ապարատի հողերի և բնական մկանների գործառույթները ապահովում են վերջույթի հնարավոր ազատության աստիճաններն ու շարժումները և այդպիսով մեծացնում դրանց արդյունավետությունը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. A reconfigurable ankle exoskeleton device (United States Patent Application US 2010/0331150 A1, Dec. 30, 2010).
2. Exoskeleton system (United States Patent Application Publication US 2013/00000 A1, Jan. 3, 2013).
3. **Zakaryan N.B.** Modelling of Universal Active Module of Human Motor Function Rehabilitation Device // NPUA Proceedings, Machine Science.- 2015.- N^o2. - P. 72-77.
4. **Арутюнян М.Г., Закарян Н.Б.** Учет упругости приводных элементов при разработке робототехнических реабилитационных устройств // Сб. трудов XXIII Межд. науч.-техн. конф. “Машиностр. и техносфера XXI века”. – Донецк-Севастополь, 2016. – Том 1. - С.10-13.
5. **Zakaryan N.B. , Harutyunyan M.G., Sarkissian Y.L.** Optimal design of active orthosis with redundant composite polymer-metal controllable stiffness actuators // Coll. works XXIII international scientific and technical conference “Машиностроение и Техносфера XXI века”. - Doneck-Sevastopol, 2016. – Том 1. -P. 86-91.

Б.Г. ШАХАЗИЗЯН, Н.Г. АКОПЯН, М.Г. АРУТЮНЯН
РАЗРАБОТКА АКТУАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
ЭКЗОСКЕЛЕТОННЫХ СИСТЕМ И ИХ АКТИВНЫХ МОДУЛЕЙ

Представлены предложенные авторами новые конструкции устройств реабилитации функций суставов и мышц человека, которые удостоены авторских свидетельств РА на изобретение. Описаны конструкции и принцип их действия, а также преимущества, которыми они наделены благодаря применению современных электроактивных полимерметаллических актуаторов и усовершенствованию конструкции.

Ключевые слова: экзоскелетонная система, активный модуль, полимерметаллический актуатор.

B.H. SHAHAZIZYAN, N.H. HAKOBYAN, M.G. HARUTYUNYAN
DESIGN OF ACTUAL STRUCTURES FOR EXOSKELETON SYSTEMS
AND THEIR ACTIVE MODULES

New structures of devices for the rehabilitation of human joint and muscle functions which have been awarded the RA copyright are introduced by the authors. The structure, and principle of their operation are described, as well as the advantages they possess due to the use of modern electroactive polymermetallic actuators and the design improvement.

Keywords: exoskeleton system, active module, polymermetallic activator.

ՀՏԴ 62-236.58:606:61

Ն.Հ. ՀԱԿՈՔՅԱՆ

ՍՏԱՏԻԿՈՐԵՆ ՀԱՎԱՍԱՐԱԿՇՈՎԱԾ ԷԿՉՈՍԿԵԼԵՏՈՆԻ ՈՒԺԱՅԻՆ
ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ

Կատարված է ստատիկորեն հավասարակշռված հարթ եռոդակ էկզոսկելետոնի ուժային վերլուծություն: Որոշված են էկզոսկելետոնի առավելագույն բեռնավորված վիճակը և հակազդումները կինեմատիկական զույգերում՝ կախված ընդհանրացված կորորդինատներից:

Առանցքային բառեր. ստատիկ հավասարակշռում, էկզոսկելետոն, ուժային վերլուծություն:

Ներածություն: Էկզոսկելետոնները նախատեսված են մարդու ֆիզիկական ուժի և դիմացկունության մեծացման, ինչպես նաև նրա մարզման և/կամ կորսված ֆունկցիաների վերականգնման համար: Դրանք կարող են նաև օգնել