

**Ս.Դ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Մ.Գ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Ն.Բ. ԶԱԲԱՐՅԱՆ,
Յու.Լ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Ս.Վ. ՎԵՐԼԻՆՍԿԻ**

**ՃԿՈՒՆ ՏԱՐԵՐՈՎ ԱՍԻՍՏԻՎ ՍԱՐՔԻ ԿՈՆՍՏՐՈՒԿՏԻԱ՝
ՄԱՐԴՈՒ ՔԱՅԼԵԼՈՒ ԵՎ ՆՍՏԵԼՈՒ ՀԱՄԱՐ**

Առաջարկված է երկու ազատության աստիճանով և ճկուն տարրերով հավասարակշռված դյուրակիր ասիստիվ սարքի կոնստրուկտիվ սխեմա՝ մարդու քայլելու և նստելու համար: Կատարվել է առաջարկված կոնստրուկցիայի համեմատական վերլուծություն նախկինում մշակվածների հետ, և պարզաբանված են դրա առավելությունները:

Առանցքային բառեր. ասիստիվ սարք, ստատիկ հավասարակշռում, ճկուն տարր:

**S.D. GHAZARYAN, M.G. HARUTYUNYAN, N.B. ZAKARYAN,
Yu.L. SARGSYAN, S.V. VERLINSKI**

**CONSTRUCTING AN ASSISTANT DEVICE WITH FLEXIBLE
ELEMENTS FOR WALKING AND SITTING OF A HUMAN**

A constructive scheme with 2-DOF and flexible elements for a balanced portable assistant device for walking and sitting of a human is proposed. A comparative analysis of the proposed construction with the previously developed ones is performed, and its advantages are revealed.

Keywords: assistant device, static balancing, flexible element.

ՀՏԴ 62-8:621.3.082.73

Ն.Հ. ՀԱԿՈՔՅԱՆ, Ա.Ն. ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ

**ԷԿՉՈՍԿԵԼԵՏՈՆԱՅԻՆ ԱԿՏԻՎ ՄՈԴՈՒԼԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ՝
ՊԻԵԶՈԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԱԼԻՔԱՅԻՆ ԹՐԹՈՒՇԱՐԺԻԶԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ**

Մոդելավորվել է պիեզոէլեկտրական (թրթռաշարժաբերի) ակտիվ տարրը՝ սալիկը, հետազոտվել է դրա լարվածադեֆորմացիոն վիճակը՝ ANSYS ծրագրային փաթեթի միջոցով: Ներկայացվել են մատի շարժումներին օժանդակող լծակավոր նոր վերականգնողական սարք և դրա կինեմատիկական ու դինամիկական բնութագրերը: Առաջարկվել է ակտիվ մոդուլի նոր կոնցեպտ՝ վիբրաշարժաբերի գործադիր օղակի վերականգնողական սարքին միացնելու ճանապարհով:

Առանցքային բառեր. ակտուատոր, պիեզոսալիկ, ալիքային վիբրաշարժիչ, էկզոսկելետոնի մոդուլ, լարվածադեֆորմացիոն վիճակ:

Ներածություն: Վերականգնողական սարքերի ակտիվ մոդուլը շարժաբերի և մեխանիկական համակարգի համակցությունն է: Աշխատանքում մեխանիկական մասը ներկայացված է թերակտուացված ակոսավոր լծակավոր մեխանիզմի տեսքով, իսկ շարժիչայինը՝ PiezoWave մակնիշի շարժիչով [1-7]:

Հայտնի է, որ էկզոսկելետոններն աշխատում են ինչպես քվազիստատիկ, այնպես էլ դինամիկ ռեժիմում շարժաբերների միջոցով: Ակտուատորները դրանց կինեմատիկական զույգերում տեղակայված շարժաբերներ են, որոնք փոխանցում են իրենց ազդեցությունը դեպի ղեկավարվող օբյեկտ: Ներկայումս հաճախ են կիրառվում փոփոխական կամ հաստատուն հոսանքի էլեկտրաշարժաբերները: Սակայն դրանք ունեն զգալի զանգվածաչափային պարամետրեր և ոչ մեծ տեսակարար հզորություն: Հարկ է նշել, որ դժվար է ապահովել տեսակարար հզորության բարձր արժեքն ակտուատորի փոքր չափերի դեպքում: Աշխատանքում դիտարկվում է ձեռքի էկզոսկելետոնի համար նախատեսված ալիքային պիեզոշարժիչ: Հետազոտվում է դրա ակտիվ պիեզոսալիկի լարվածադեֆորմացիոն վիճակը՝ աշխատանքային պայմաններին համապատասխան:

Պիեզոշարժիչի մոդելավորվումը և հետազոտումը: ANSYS ծրագրային միջավայրում մոդելավորվել և հետազոտվել է PiezoMotor ֆիրմայի PiezoWave մակնիշի շարժիչը [2], որն ամենափոքր հայտնի շարժիչներից է: Այն փոփոխական արագություն ապահովող գծային շարժիչ է, որը կարող է կիրառվել գերձզգրիտ տեղափոխություններ իրականացնելու համար, մասնավորապես՝ սարքավորումներում, որտեղ կարևոր են փոքր գաբարիտները և զանգվածը: Շարժիչն ամուր է և ոչ զգայուն արտաքին միջավայրի ազդեցությունների, ինչպես նաև հարվածների և թրթռումների նկատմամբ: Շարժիչն ունի ցածր էներգաձախստեր և աշխատում է ցածր էլեկտրական լարման միջոցով: Այն էներգիա չի ծախսում դարձի վիճակում, ինչը երկարացնում նրա կիրառման ժամկետը:

Չնայած PiezoWave կատարում է գծային շարժում (նկ. 1), բայց կարող է վերափոխվել պտտական շարժում իրականացնելու համար: PiezoWave շարժիչը բաղկացած է պիեզոկերամիկայից պատրաստված փոքր չափերի սալիկներից, իսկ փոխանցիչ տարրերը՝ հոլովակները, հավաքված են ճկուն սալի վրա: Շարժիչի աշխատանքը հիմնված է պիեզոկերամիկական սալիկների, հոլովակների ու միջուկի միջև առաջացած շփման վրա: Պիեզոտարրը կարող է բաղկացած լինել երկու մասից, որոնց ղեկավարումը կատարվում է իրարից անկախ՝ առանձին-առանձին: Էլեկտրոդներին կիրառվում են 90° -ով իրարից շեղված սինուսային էլեկտրական ազդակներ: Բարձրահաճախական լարման ազդեցությունը կարող է ռեզոնանս առաջացնել պիեզոտարրի մեջ, ինչը մեծացնում է նրա տատանումների ամպլիտուդը և միջուկի շարժման արագությունը: Ազդանշանների միջև փոխհարաբերությունը որոշում է շարժիչի միջուկի շարժման ուղղությունը: Շարժիչի աշխատանքը հիմնված է շարժաբերի բարձիկների և ձողի միջև առաջացած շփման վրա: Տեղափոխման քայլի միջին չափը կազմում է 1 մկմ, շարժիչի հաճախությունը 80-ից 100 կՀց է: Նկ. 1-ում ներկայացված է պիեզոշարժաբերը՝

հետևյալ բնութագրերով. զարգացվող ուժը՝ 0.1 Ն, արագությունը՝ 100 մմ/վ, զանգվածը՝ 0.7 գրամ, չափերը՝ 14 x 7,2 x 4,4 (մմ):



Նկ. 1. Պիեզոշարժաբերի կառուցվածքը

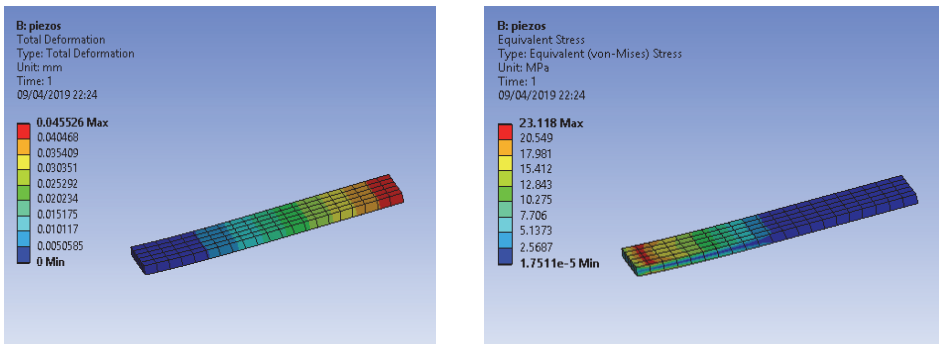
Պիեզոսալիկն ունի հետևյալ երկրաչափական պարամետրերը. երկարությունը՝ 3.5 մմ, լայնությունը՝ 1.8 մմ, հաստությունը՝ 0.3 մմ: Պիեզոսալիկի մեխանիկական հաստատունները ներկայացված են աղ. 1-ում:

Աղյուսակ 1

Յունգի մոդուլը X և Y ուղղություններով	7.8561E+10	Պա
Յունգի մոդուլը Z ուղղությամբ	6.2419E+10	Պա
Պուասոնի գործակիցը՝ XY	0.28798	
Պուասոնի գործակիցները՝ XZ և YZ	0.45204	

Իրականացվել է թվային մոդելավորում՝ վերջավոր տարրերի մեթոդով ANSYS ծրագրային փաթեթի միջոցով, ապա հաղորդվել է 8 Վ լարմամբ հոսանք, որի արդյունքում սալիկի ազատ ծայրի առավելագույն տեղափոխությունը կազմել է - 0,045 մմ, իսկ մեխանիկական լարումները՝ 23 ՄՊա (նկ. 2):

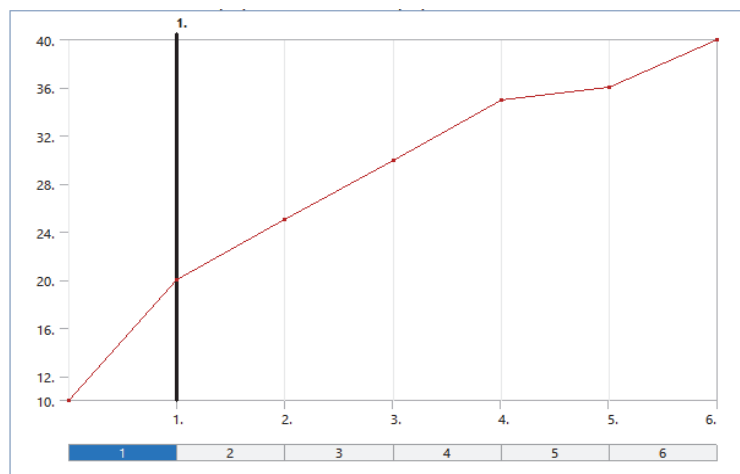
Կարևոր է հաշվի առնել, որ աշխատանքի ընթացքում սալիկը սկսում է տաքանալ. ջերմաստիճանների փոփոխությունը ներկայացված է աղ. 2-ում, իսկ ջերմաստիճանի և տատանումների հաճախության միջև կախումը՝ նկ. 3-ում:



Նկ. 2. Պիեզոէլեկտրական սալիկի 8Վ լարմամբ մոդելավորման արդյունքները

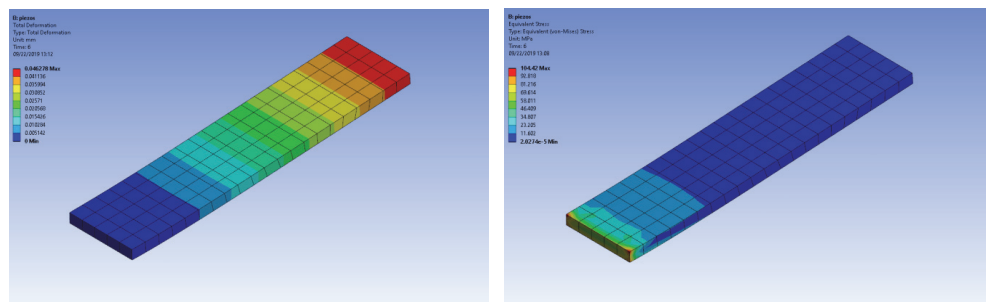
Աղյուսակ 2

Քայլ	Աստիճան
0	10
1	20
2	25
3	30
4	35
5	36
6	34



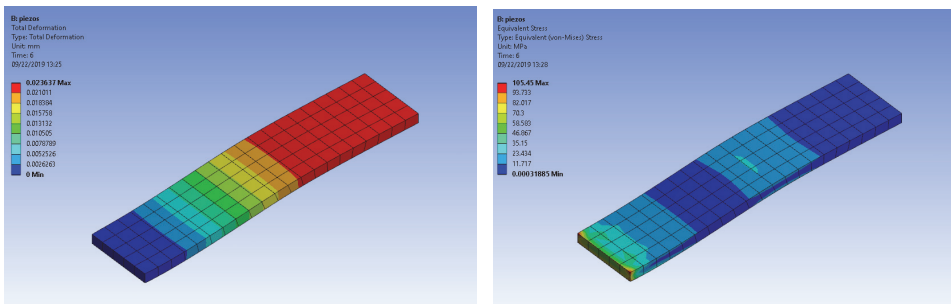
Նկ. 3. Ջերմաստիճանի և փայտանունների հաճախության միջև կախումը

Ինքնատաքացման արդյունքում ազատ ծայրի առավելագույն տեղափոխությունը էական փոփոխություն չի կրում՝ 0,046 մմ, սակայն նրանում զգալիորեն աճում են մեխանիկական լարումները՝ 104,42 ՄՊա (նկ. 4):



Նկ. 4. Պիեզոէլեկտրական սալիկի ՑՎ լարմամբ մոդելավորման արդյունքները ինքնատաքացման արդյունքում

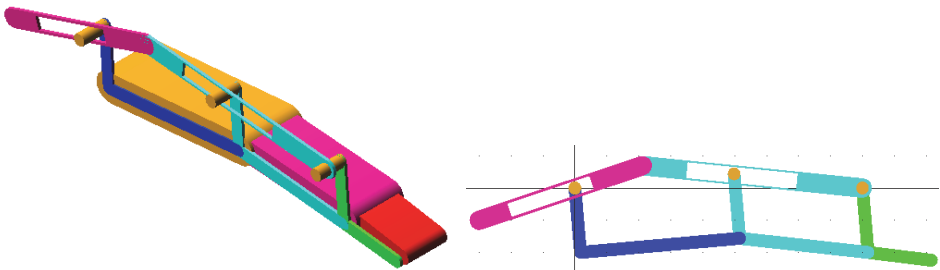
Աշխատանքի ընթացքում, երբ պիեզոսալիկին կիրառվում է 1 Ն դիմադրող ուժը, կրկնակի անգամ նվազում է նրա ազատ ծայրի մեծագույն տեղափոխությունը՝ կազմելով 0,023 մմ, իսկ մեխանիկական լարումները էապես չեն փոփոխվում՝ 105,45 ՄՊա (նկ. 5):



Նկ. 5. Պիեզոէլեկտրական սալիկի մոդելավորման արդյունքները 8-վ լարմամբ ակտիվացման դեպքում, երբ նրա ծայրին իր հարթության մեջ կիրառվում է 1 Ն ուժ

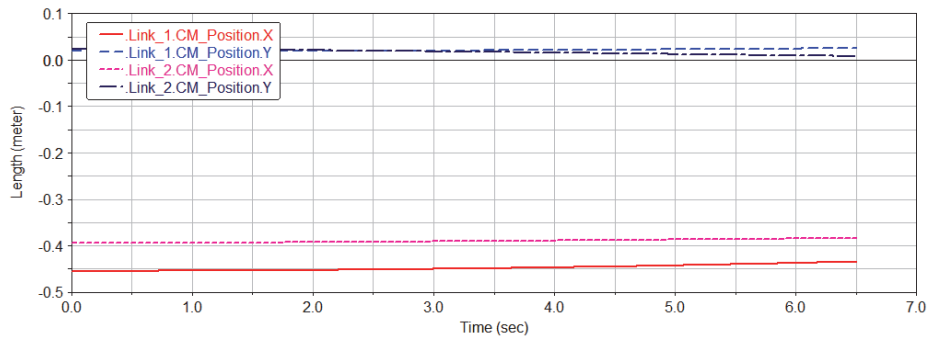
Գրականության վերլուծությունը ցույց է տվել, որ ռոբոտների մատների ակտուատորների ոչ լրիվ թվով լծակային մեխանիզմներն ունեն առավելություններ: Պասսիվ հողերի նպատակային օգտագործմամբ կարելի է ապահովել ռոբոտի կայուն կառուցումը օբյեկտին: Այդ նպատակով նախագծվել է [3] մատի շարժումներին օժանդակելու համար ակոսավոր լծակներով (նկ. 6) նոր վերականգնողական սարք, որի խնդիրն է, հաշվի առնելով մատի սեգմենտների շարժման դիապազոնները, ապահովել կառուցումը որևէ առարկայի հետ: Մոդելավորումը կատարվել է ADAMS ծրագրային միջավայրում [3]: Կատարվել է կինեմատիկական և դինամիկական վերլուծություն:

Վերականգնողական սարքի լծակների զանգվածահներցոն բնութագրերն են. մուտքի ակոսավոր օղակ՝ $m_{L_1} = 6.3 \cdot 10^{-4} \text{ կգ}$, $I_{xx}^{L_1} = 2.5 \cdot 10^{-7} \text{ կգ} \cdot \text{մ}^2$, $I_{yy}^{L_1} = 2.5 \cdot 10^{-7} \text{ կգ} \cdot \text{մ}^2$, $I_{zz}^{L_1} = 2.3 \cdot 10^{-9} \text{ կգ} \cdot \text{մ}^2$, ելքի ակոսավոր օղակ՝ $m_{L_2} = 7.4 \cdot 10^{-4} \text{ կգ}$, $I_{xx}^{L_2} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ կգ} \cdot \text{մ}^2$, $I_{yy}^{L_2} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ կգ} \cdot \text{մ}^2$, $I_{zz}^{L_2} = 2.7 \cdot 10^{-9} \text{ կգ} \cdot \text{մ}^2$:



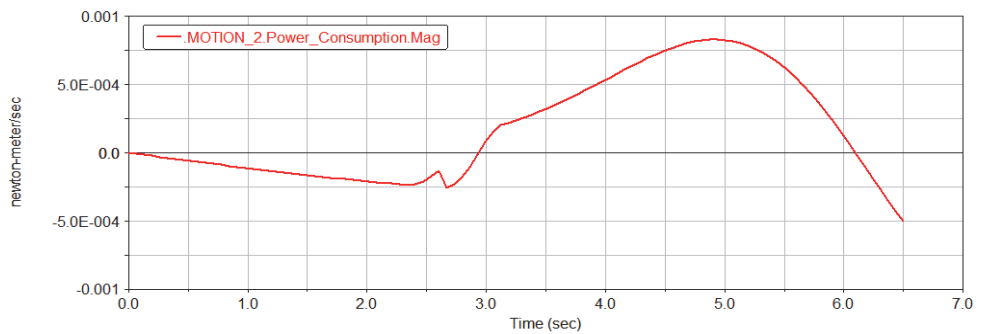
Նկ. 6. Մատի շարժումներին օժանդակող նոր վերականգնողական սարքը

Մոդելավորման արդյունքում որոշվել են վերը նկարագրված մոդուլի բնութագրերը (նկ. 7, 8)՝ տեղափոխությունները և գծային շարժիչի պահանջվող հզորությունը [3]:



Նկ. 7. Մուտքի և ելքի ակոսավոր լծակների դիրքերի փոփոխությունը X և Y առանցքների նկարմամբ

Հեղինակների կողմից առաջարկված ակտիվ մոդուլում վիբրոշարժաբերի գործադիր օղակը հողակապով միացվում է վերականգնողական սարքի լծակի ազատ ծայրին (նկ. 6), և իրականացվում են նրա տեղափոխությունները:



Նկ. 8. Մարին օժանդակող սարքի անհրաժեշտ գծային շարժիչի հզորությունը

Եզրակացություններ: Առաջարկվել է ասիստիվ մոդուլի նոր կառուցվածք, որում կիրառվել է փոքրաչափ վիբրացիոն ալիքային պիեզոշարժաբեր: Մոդուլի կառուցվածքում կիրառվել է մատի շարժման օժանդակող ակոսավոր լծակներով նոր վերականգնողական սարք, որն աշխատեցնելու համար անհրաժեշտ հզորությունն է 0,002 Վտ, այն դեպքում, երբ վիբրաշարժաբերն ապահովում է 0,3 Վտ, ինչն ավելի քան բավարար է: Մոդուլի օղակների տեղափոխությունները նույնպես հնարավոր է իրականացնել է պահանջվող տիրույթում՝ (-0,45,..., 0,035) մմ, քանի որ կիրառված վիբրոշարժաբերի գործադիր օրգանը կարող է ապահովել անսահմանափակ չափով գծային տեղափոխություն:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Շահագիզյան Բ.Հ., Հակոբյան Ն.Հ., Հարությունյան Մ.Գ.** Էկզոսկելետային համակարգերի և դրանց ակտիվ մոդուլների արդիական կառուցվածքների մշակում // ՀԱՊՀ-ի Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու. - Երևան, 2018.- Մաս 2.- էջ 395-400:
2. <http://www.nrc.com.tw/CAT/PiezoMotor/WL0104A.pdf> - PiezoWave Linear 0.1N
3. **Ջաթարյան Ն.Բ.** «Վերականգնողական սարքերի մանիպուլյացիոն մեխանիզմների մոդելավորումը և նախագծումը օղակների ու շարժաքերային տարրերի առաձգականության հաշվառմամբ». Ատենախոսություն.- Երևան, 2016. - էջ 77-82:
4. **Sargsyan Yuri.** Evolution, Development Trends and Perspectives of Machine and Mechanism Science in Armenia // First Int. Conference “MES – 2018”, September 17-19, 2018.-Yerevan, Armenia, 2018.- P. 37-43.
5. **Կазарян С.Д., Арутюнян М.Г., Аракелян В.А.** Аспекты проектирования реабилитационных средств - ассистентов движения человека // Труды 1-й Международной конференции ИРМ-2018 / MES-2018 “Инженерные решения в машиностроении. Проектирование, моделирование, испытание и изготовление”, 17-19 сентября 2018 г.- Ереван, 2018.- С. 71-80.
6. **Կазарян С.Д., Закарян Н.Б., Арутюнян М.Г., Саргсян Ю.Л.** К проектированию многоцелевых уравновешенных устройств ассистирования опорно-двигательной системы человека // Вестник НПУА: Механика, машиноведение, машиностроение. – Ереван, 2018. – N2. – С. 49-58.
7. **Zakaryan N.B., Ghazaryan S.D., Harutyunyan M.G., Sargsyan Yu.L., Verlinski S.V.** Present state and development perspectives of rehabilitation and assistive robotics // NPUA of Proceedings: Mechanics, Machine science, machine-building.- 2019.- № 1.- P. 9-28.

Н.Г. АКОПЯН, А.Н. БАГДАСАРЯН

РАЗРАБОТКА АКТИВНОГО МОДУЛЯ ЭКЗОСКЕЛЕТОНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЛНОВОГО ВИБРОДВИГАТЕЛЯ

Смоделирован актуатор пьезоэлектрического вибропривода и исследовано его напряженно-деформированное состояние с использованием программного пакета ANSYS. Представлены исполнительный механизм устройства для восстановления двигательных функций пальцев человека и его характеристики. Предложена концепция проектирования активных модулей путем присоединения пьезопривода к реабилитационному устройству.

Ключевые слова: привод, пьезопластина, волновой вибродвигатель, модуль экзоскелетона, напряженно-деформированное состояние.

N.H. HAKOBYAN, A.N. BAGHDASARYAN

**DEVELOPING THE EXOSKELETON ACTIVE MODULE BY USING
PIEZOELECTRIC WAVE VIBROMOTOR**

The active moduls of rehabilitative system, consisting of a combination system and mechanical system is modeled. The piezoelectric tile is modeled, and its stress-strain state is investigated by the ANSYS software package. New lever-assisted finger-restoring device and its kinematic and dynamic characteristics are introduced. A new concept of an active module by connecting it to a vibroactuator executive ring recovery device is proposed.

Keywords: actuator, piezoplate, wave vibromotor, exoskeleton module, stress-strain state.

ՀՏԴ 62-236.58:606:61

Բ.Հ. ՇԱՀԱԶԻԶՅԱՆ, Ա.Դ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ

**ԲԱՐԵԼԱՎՎԱԾ ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐՈՎ ՌՈՐՈՏԱՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ
ԱՍԻՍՏԻՎ ՍԱՐՔԻ ՆՈՐ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

Կատարվել է հեղինակների կողմից առաջարկված մարդու քայլելու ու նստել-ելնելու ընթացքում նրա ֆիզիկական հնարավորություններին օժանդակող սարքերի համեմատական վերլուծություն, դրանց բնութագրերի հետազա բարելավում, մշակվել է սարքի կոնստրուկցիայի նոր տարբերակ:

Առանցքային բառեր. ասիստիվ ոռոտատեխնիկական սարք, էկզոսկելետոն, զսպանակ, տեխնիկական բնութագրեր:

Ներածություն: Հեղինակների կողմից իրականացված հետազոտական աշխատանքների արդյունքում առաջարկվել են մարդու քայլելու, նստել-ելնելու, ինչպես նաև քայլելու-նստել-ելնելու գործառույթներին օժանդակող ասիստիվ սարքեր՝ էկզոսկելետոններ և օրթեզներ [1-8]: Այս ասիստիվ սարքերի նախագծման ընթացքում շեշտադրվել է կենսամեխանիկական համակարգի ստատիկ հավասարակշռման իրականացման ուժային եղանակը [1-9]: Այստեղ համակարգի յուրաքանչյուր ազատության աստիճանի հավասարակշռման համար օգտագործվել են մեկ զույգ ուժային տարրեր [1]: Հետագայում տարբեր գործառույթներ իրականացնող հավասարակշռող երկու առաձգական տարրերը փոխարինվել են մեկ տարրով և պտտական կարգավորիչով [2, 3]: Հաջորդ բարելավումներն ուղղված են եղել առավել նպատահարմար կարգավորիչի նախագծմանը [3, 4] և կոնստրուկտիվ եղանակներով պահանջվող դիրքավորման ապահովմանը [5, 6]: Սակայն սարքերը քայլելու ռեժիմից նստել-ելնելու ռեժիմին ու հակառակն անցնելիս դեռևս պահանջում էին պտտական կարգավորիչ մեխանիզմների վերալա-