

## ZAMONAVIY EKZOSKELETLARNING YATRATILISHI TARIXI VA RIVOJLANISH TENDENSIYALARI

**Jo‘rayev Zafar Botirovich**

t.f.n

Andijon mashinasozlik instituti

Metrologiya, standartlashish va mahsulot sifati menejmenti kafedrasida professori

E-mail: [zbjuraev@gmail.com](mailto:zbjuraev@gmail.com)

**Takabaev Umidjon Abdumutallipovich**

Andijon davlat universiteti tayanch doktoranti

E-mail: [umid1700731@gmail.com](mailto:umid1700731@gmail.com)

**Rahmatullayev Javlonbek Safibullayevich**

Andijon mashinasozlik instituti tayanch doktoranti

E-mail: [javlonbiy0286@gmail.com](mailto:javlonbiy0286@gmail.com)

**Kimsanboev Nodirbek Shoirbek o‘g‘li**

Andijon mashinasozlik instituti tayanch doktoranti

E-mail: [kimsanboev9401@gmail.com](mailto:kimsanboev9401@gmail.com)

### ANNOTATSIYA

Pastki tayanch harakati cheklangan bemorlarni reabilitatsiya qilish uchun hozirgi vaqtda bir necha turdagi zamonaviy ekzoskeletlar ishlab chiqarilmoqda. Ushbu maqolada ekzoskeletlarning turlari, prototiplari tanishtirilgan va tahlil qilingan. Reabilitatsiya mashg‘ulotlarining maqsadi, bemorlarning holatini va yurishini o‘rganish orqali jismoniy qobiliyatlarini normal darajaga qaytarish hisoblanadi. Shunday qilib, ushbu maqolada zamonaviy ekzoskeletlarning umumiy strukturasi, yaratilish tarixi va hozirgi vaqtdagi holati o‘rganib chiqilgan va tahlil qilingan. O‘rganilgan prototiplardan shunday hulosalar qilish mumkinki, hozirgi zamonaviy ekzoskeletlarning aktiv va passiv turlarini gibrit tizim orqali boshqarish va nazorat qilish mumkin bo‘ladi.

**Kalit so‘zlar:** Exoskelet, reabilitatsiya, aktiv ekzoskeletlar, passiv ekzoskeletlar, robototexnika.

## KIRISH

Birinchi ekzoskelet 1960-yillarda Amerikaning General Electric kompaniyasida o'rganila boshlandi [1]. Bu deyarli 700 kg og'irlikdagi "Hardiman" deb nomlangan ulkan gidravlik tipdagi konstruksiya edi. Shu bilan birga, ekzoskelet past tezlik va minimal ko'tarish qobiliyatiga ega edi. Ekzoskeletlardan foydalanishga qiziqishning yanada ortishi yangi ishlanmalarni bosqichma-bosqich ragbatlantirish sabab boldi. Harbiy sohalarda robotlashtirish va kibernetlashtirish kursi mavjud robotlarga qo'shimcha ravishda hizmat vazifasini o'tayotgan askarlar uchun yangi jihozlarni talab qildi. Taxminan 10 yillik faoliyati davomida olimlar ekzoskeletlarning turli dizaynlarini taqdim etishdi [2].

Raytheon va Sarcos firmalari birinchilardan bo'lib birgalikda ekzoskeletlar ishlab chiqarishni yo'lga qoya boshlagan. Shu jumladan gidravlikaga asoslangan ulkan qurilma XOS ekzoskeleti dastlabki ishlanmalarni misol qilib keltirish mumkun. 2008 yilda taqdim etilgan namunaning bir qator kamchiliklari bor edi: u juda ko'p elektr energiyasini iste'mol qilgan va cheklangan harakatlar to'plamiga ega edi. 2010-yilda Raytheon va Sarcos XOS-2-ni armiya mijozlariga taqdim etdi. Dizaynerlar quvvat sarfini ikki baravar kamaytirishga va motor imkoniyatlarini oshirishga muvaffaq bo'lishdi, ammo qurilmaning so'nggi modeli ham hali barcha talablariga javob bermaydi [3]. Uning asosiy kamchiliklari qurilmaga quvvat kabeli ulanganligi uchun haqiqiy avtonomiyaga erishish imkoniyatiga ega emas. Shuning uchun XOSni harbiy maqsadlarda emas, balki iqtisodiy muammolarni hal qilishda qollash mumkun bo'lgan.

Yaponiyalik muhandis va olimlar ham ekzoskelet yaratish ustida tadqiqotlar olib bormoqda. Yaponiyaning Cyberdyne korporatsiyasi tomonidan oyoq va qo'l kuchaytirgichlariga ega HAL-5 modeli ishlab chiqarilgan [4]. Ushbu qurilma avtonom rejimda ishlashi mumkin. Qutqaruv xizmatlari va nogironlarga yordam berish uchun yaratilgan ushbu model [5] tayanch-harakat tizimida muammolari bo'lgan insonlarni rehabilitatsiya qilish va ijtimoiy moslashuvi uchun qo'llaniladi. HAL (1-rasm) ekzoskeleti turli tadqiqotlar uchun asosiy modelga aylangan. Shunday qilib, yaponiyalik olimlar HAL ekzoskelet robotining massa markazi va reaksiya kuchining holatini sinxron o'zgartirishga asoslangan boshqaruv tizimini o'rganishgan. Keyinchalik ular tezlik datchiklari yordamida ekzoskeletni boshqarish tizimini optimallashtirish ustida ish olib borgan [6]. Ekzoskeletning yuqori va quyi qismidagi harakatni boshqarish signallar yigindisi yordamida amalga oshirgan.



### 1-rasm. HAL ekzoskelet roboti

**Ekzoskeletlarning bozorga kirib kelishi.** Shveysariyaning Hocoma kompaniyasi pastki tayanch harakati cheklangan bemorlarni reabilitatsiya qilish uchun Lokomat nomli robotlashtirilgan ekzoskeletlarni ishlab chiqishni boshlagan [7]. Yaponiyaning Honda kompaniyasi esa Honda-Walk Assist and Mobility Devices modelini ya'ni pastki tayanchga mahkamlash mumkun bo'lgan ramkadan iborat ekzoskelet prototipini yaratgan [8]. Unga ularning har biri bitta erkinlik darajasiga ega bo'lgan ikki tomondan fantom tizimlari biriktirilgan.

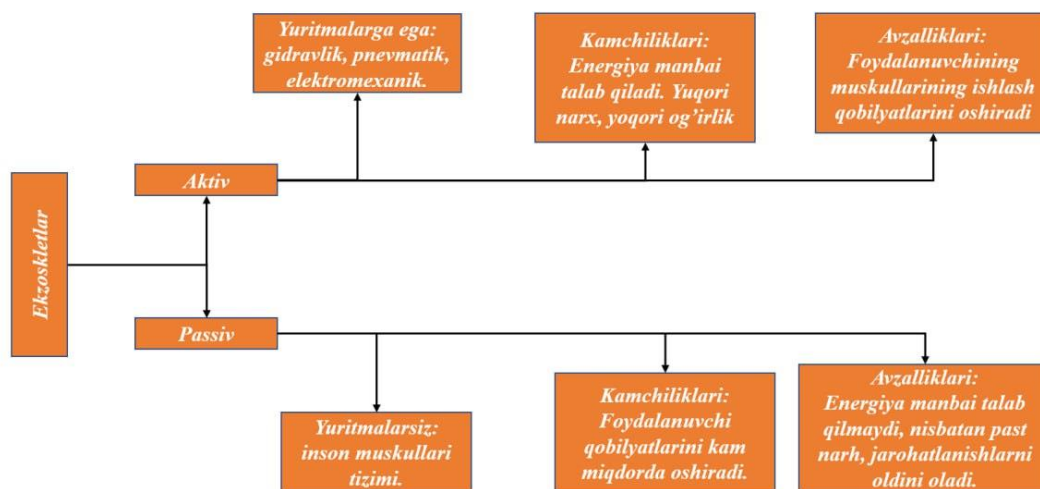
AQSHning Berklidagi Kaliforniya universitetida robototexnika va inson muhandisligi laboratoriyasida Ekzo Bionics ekzoskelti ishlab chiqilgan [9]. Bu modelda ekzoskeletlar Ekzo bionik kostyum ko'rinishida taqdim etilgan bo'lib, u pastki tayanch harakati cheklangan insonlarga turish va yurish imkonini beradi. ReWalk Robotics kompaniyasi esa to'rtta bo'g'inga: son va tizza bo'g'imlarini o'z ichiga olgan, inson harakatini takrorlay oladigan dasturiy taminotga ega ekzoskelet ishlab chiqardi [10]. Rex Bionics kompaniyasi inson tanasini tayanchdan ajratilgan holda muvozanat holatida to'liq tutib yuruvchi Rex ekzoskeletini yaratdi [11].

**Ekzoskeletlarning ma'lum konstruksiyalarini tahlili.** Hozirgi kundagi ma'lum modellarni ikki guruhga ajratish mumkun: aktiv va passiv. Ularning afzalliklari va

kamchiliklari 2-rasmda ko'rsatilgan. Qoyilayotgan vazifaning mohiyatidan kelib chiqqan holda, ishlab chiquvchilar u yoki bu ekzoskelet modelini tanlaydilar.

**Passiv ekzoskeletlar** sanoat ishlab chiqarishida ishchining uzoq vaqt davomida bir holatda turishini talab qiladigan yig'ish operatsiyalarini bajarishda, shuningdek, insonning tayanch-harakat tizimiga yukni qayta taqsimlash va kamaytirish, ishlab chiqarishdagi jarohatlarni oldini olishda, bir joyda yotib qolgan bemorlarni va o'gir yuklarni ko'tarish va tashishda qo'llanadi.

**Aktiv ekzoskeletlar** va ularning qismlari sanoat va tibbiyotda bemorlarni rehabilitatsiya qilish va harakat funksiyalarini tiklash jarayonida qo'llaniladi.



## 2-rasm. Ekzoskeletlarning konstruksiyalari tahlili.

Aksariyat robotlashgan ekzoskeletlarda birgalikda ishlatish mumkin bo'lgan tos suyagi bilan son suyagini, boldir suyagi va tovon suyagini o'za'ro bog'laydigan, doimiy uzunlikdagi bo'ginlardan tashkil topgan oyoqning pastki qismi konstruksiyasini yaratishga e'tibor qaratilgan. Masalan, tizza bo'g'imida aylanish o'qi doimiy emasligi sababli, u faqat holatini o'zgartirishu mumkin. Odatda ilmiy maqolalarda taqdim etilgan ekzoskeletlar mutlaqo qattiq jismlar bilan bir-biriga bog'langan oddiy aylanish o'qlari bo'lgan mexanik birikmalardan iborat. Harakatlanuvchi bo'ginlar joylarida erkinlik darajalari soni etarli emas, bu esa harakatning erkin keltirib chiqaradi. Amalda qattiq konstruksiya foydalanuvchining shikastlanishiga olib kelishi mumkin, chunki inson bo'g'imlarida harakatlanayotganda aylanish o'qlari bir joyda qolmaydi [12]. Murakkab bo'g'inli mexanizmlarning harakati o'zgarishlarni hisobga oladigan modellar hozirgi vaqtda hali aniqlanmagan. Barcha murakkab bo'g'inli mexanizmlarning harakati o'zgarishlarni hisobga olish erkinlik darajalari sonining oshishiga olib keladi va harakatni boshqarishda qiyinchiliklar paydo bo'ladi.

## XULOSA

Ochiq manbalardagi tadqiqotlar orasidan murakkab bo‘g‘inli mexanizmlarning harakati modelini topishning imkoni bo‘lmadi, shuning uchun ushbu yo‘nalishdagi tadqiqotlar ekzoskeltnlarning yangi konstrusiyasini yaratish imkonini berish mumkin. Ushbu izlanishlar shuni ko‘rsatadiki, keying tadqiqotlarda ekzoskeltnlar va inson tayanch harakati harakati uchun matematik model yozish va uni tahlil qilish imkoniyatini oshirishi mumkun.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI: (REFERENCES)

1. M. Vukobratovic and D. Hristic, “How to control artificial anthropomorphic systems,” *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.* 3, 497–507 (1973).
2. S. F. Yatsun, S. I. Savin, and M. S. Gerasimov, “Decision making system for lower limb exoskeleton based on convolutional neural networks,” in *Proceedings of the International Conference on Progress of Vehicles and Systems*, Ed. by I. A. Kalyaev, F. L. Chernous’ko, and V. M. Prikhod’ko (Volgogr. Gos. Tekh. Univ., Volgograd, 2018), pp. 198–199.
3. E. K. Lavrovskii and E. V. Pis’mennaya, “Algorithm of control, providing the assignment of arbitrary trajectories of the exoskeleton of the lower limb support,” in *Proceedings of the 12th All-Russian Congress on Fundamental Problems of Theoretical and Applied Mechanics* (Bashkir. Gos. Univ., Ufa, 2019), Vol. 1, pp. 218–219.
4. A. Tsukahara, Y. Hasegawa, and Y. Sankai, “Gait support for complete spinal cord injury patient by synchronized leg-swing with HAL,” in *Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems IROS ‘11*, San Francisco, 2011, pp. 1737–1742.
5. A. Tsukahara, Y. Hasegawa, K. Eguchi, and Y. Sankai, “Restoration of gait for spinal cord injury patients using HAL with intention estimator for preferable swing speed,” *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.* 23, 308–318 (2015).
6. M. Hassan, H. Kadone, K. Suzuki, and Y. Sankai, “Exoskeleton robot control based on cane and body joint synergies,” in *Proceedings of the 25th IEEE/RSJ International Conference on Robotics and Intelligent Systems IROS ‘12*, Vilamoura, 2012, pp. 1609–1614.
7. H. Kazerooni, “Exoskeletons for human power augmentation,” in *Proceedings of the IEEE IRS/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems IROS’05*, Edmonton, 2005, pp. 3120–3125.
8. M. Bortole, A. del Ama, E. Rocon, J. C. Moreno, F. Brunetti, and J. L. Pons, “A robotic exoskeleton for overground gait rehabilitation,” in *Proceedings of the IEEE*

International Conference on Robotics and Automation ICRA '13, Karlsruhe, 2013, pp. 3356–3361.

9. K. Chaudhary and H. Chaudhary, “Optimum balancing of slider-crank mechanism using equimomental system of point-masses,” in Proceedings of the 2nd International Conference on Innovations in Automation and Mechatronics Engineering ICIAME 2014 (Springer, 2014), pp. 35–42.

10. V. Gupta, H. Chaudhary, and S. K. Saha, “Dynamics and actuating torque optimization of planar robots,” *J. Mech. Sci. Technol.* 29, 2699–2704 (2015).

11. D. S. Kumani and H. Chaudhary, “Hexahedron point mass model and teaching learning-based optimization for balancing of industrial manipulators,” in Proceedings of the 2nd International and 17th National Conference on Machines and Mechanisms iNaCoMM 2015, Kanpur, 2015, pp. 28–36.

12. E. Piña-Martínez and E. Rodríguez-Leal, “Inverse modeling of human knee joint based on geometry and vision systems for exoskeleton applications,” *Math. Probl. Eng.* 2015, 145734 (2015). <https://doi.org/10.1155/2015/145734>