

DOI: [10.32702/2307-2105-2019.6.9](https://doi.org/10.32702/2307-2105-2019.6.9)

УДК 621.3, 658.8, 681.5

*В. О. Денисюк,
к. т. н., доцент, доцент кафедри економічної кібернетики,
Вінницький національний аграрний університет, Вінниця
ORCID: 0000-0003-1057-3518*

АНАЛІЗ РИНКУ ЕКЗОСКЕЛЕТІВ

*V. Denysiuk
PhD, associate professor, associate professor of economic cybernetics department,
Vinnytsya national agrarian university, Vinnytsya*

EXOSKELETONS MARKET ANALYSIS

Розглянуто новітню та наукоємну продукцію – екзоскелети. Екзоскелет повторює біомеханіку людини для пропорційного збільшення зусиль під час рухів. Проаналізовано існуючі типи екзоскелетів і перспективні розробки моделей фірм та агентств: General Electric, Panasonic, Lowe's, Ekso Vest, suitX, Lockheed Martin, DARPA, Hyundai, Fourier Intelligence, державні програми, індивідуальні авторські розробки. Розглянуто класифікацію екзоскелетів за характерними ознаками: тип виконавчого механізму, наявність приводу посилення зчленувань, анатомічна локалізація посилених зчленувань, наявність вбудованого джерела енергії, вид використовуваного силового приводу, спосіб отримання сигналу, тип силової установки або джерела енергії та область практичного застосування. Розглянуто характерні моделі екзоскелетів та їх особливості. Зроблено аналіз можливостей сучасних екзоскелетів. Проаналізовано можливий об'єм сучасного міжнародного ринку екзоскелетів та спрогнозовано значне зростання ринку екзоскелетів протягом найближчих 5 років. Визначено одну із головних проблем в розробці екзоскелетів - створення відповідних компактних і містких паливних елементів. Рекомендовано перелік наявних на ринку екзоскелетів для різноманітних застосувань.

Exoskeleton as the newest and science products are considered. Exoskeleton repeats man's biomechanics for the proportional increase of efforts during motions. Exoskeleton is the man carried and online control unit. Exoskeleton have other names: power jacket, exoskeleton device, exosuit, robosuit, external framework, exomachine etc. The existent exoskeleton types and perspective developments of models of firms and agencies are analysed: General Electric, Panasonic, Lowe's, Ekso Vest, suitX, Lockheed Martin, DARPA, Hyundai, Fourier Intelligence, government programs, individual authorial developments. Exoskeleton classification is considered on characteristic signs: type of executive mechanism, presence of occasion of strengthening of coarticulations, anatomic localization of increase coarticulations, presence of built-in energy source, type of the used power occasion, method of signal reception, type of power-plant or energy source and area of practical application. The characteristic exoskeleton models and their features are considered. The cost of products is large (from \$6 000 to \$120 000 for unit of products). Wares require the individual tuning and have signs of an experience or small mass production. Most

producers of exoskeleton in the world are American Indego, Israel ReWalk, Japanese Hybrid Assistive Limb and Ekso Bionics. Market of robots research for a rehabilitation all over the world from 2015 to 2021 forecasts a considerable increase and profit in \$ 1,1 milliards 2021 to. Not a single company while does not prevail on the sector of market of robots for a rehabilitation. The analysis of possibilities of modern exoskeletons is done. The possible volume of modern international exoskeleton market is analysed and the considerable increase of exoskeleton market during the nearest 5. Certainly one of main problems in exoskeleton development is creation of corresponding compact and capacious fuel elements. The list of present is recommended at the exoskeleton market for various applications. From the considered wares, most ready for a medical market are models of HAL - 5 Type - B, Honda, ReWalk, ExoAtlet; for industry and building - Ekso Vest; for a military market - HULC; for an agrosphere - Lowe's, Ekso Vest.

Ключові слова: екзоскелет; екзокостюм; класифікація екзоскелетів ринок продукції; оцінка ринку

Keywords: exoskeleton; exosuit; exoskeleton classification; market of products; market estimation.

Постановка проблеми

Екзоскелет (грец. ἔξω — зовнішній і σκελετός — скелет) — пристрій, призначений для поповнення втрачених функцій, збільшення сили м'язів людини і розширення амплітуди рухів за рахунок зовнішнього каркаса і привідних елементів. Екзоскелет повторює біомеханіку людини для пропорційного збільшення зусиль під час рухів. Для визначення цих пропорцій слід користуватися поняттям анатомічна параметризація. Анатомічна параметризація — це визначення відповідностей між різними анатомічними характеристиками будови людського тіла і параметрами механічного пристрою, що обумовлюють оптимальну роботу утвореної при цьому біомеханічної системи. За повідомленнями у відкритій пресі, реально діючі зразки в даний час створені в Японії, Ізраїлі, США, Україні та Росії [6,13,18].

Екзоскелети – це носимі пристрої, які працюють в тандемі з людиною. На противагу роботам вони не є автономними та керуються не на відстані, а під час взаємодії із людським тілом [33]. Екзоскелети – це зовнішні носимі пристрої, що підсилюють фізичні людські можливості. Вони застосовують принципи робототехніки та біомеханіки, а не повністю автоматизують процеси виключаючи людину з робочого процесу, подібно до того як це роблять автономні системи [6,13].

Екзоскелети мають інші назви: робокостюм, екзокаркас, екзокостюм, силова куртка, носима машина тощо [18,33].

Важливим складником маркетингових досліджень є оцінка ринку збуту продукції. Жорстка конкуренція і невизначеність майбутніх умов ринку та активності споживачів змушують підприємства диверсифікувати асортимент продукції та види діяльності (бізнесу). Але окремі найменування виробів і напрямки діяльності займають різні ринкові позиції і відіграють неоднакову роль в отриманні підприємством прибутку та забезпеченні його фінансової життєдіяльності. Оцінювання ринку збуту асортименту продукції підприємства в сучасному стратегічному плануванні здійснюється за допомогою портфельного аналізу. Портфельний аналіз дозволяє диференціювати асортимент виробів, що поставляються на ринок, та види діяльності на:

- 1) перспективні, що потребують фінансових вкладень;
- 2) неперспективні, але прибуткові, що забезпечують стабільність діяльності підприємства;
- 3) неперспективні, які не приносять прибутку і потребують ліквідації.

Продукцію типу екзоскелетів без вагань можна віднести до перспективних розробок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Існують різноманітні класифікації екзоскелетів та ретроспектива їх розробок починаючи від лицарських обладунків і допоміжних засобів у виробництві та агросфері до перспективних військових розробок [4, 5, 11, 15, 27, 29, 40, 45].

Екзоскелети, створені на сьогоднішній день або екзоскелети перспективних розробок можуть бути класифіковані за такими ознаками [4, 40]:

- 1) тип виконавчого механізму;
- 2) наявність приводу посилення зчленувань;
- 3) анатомічна локалізація посиленних зчленувань;
- 4) наявність вбудованого джерела енергії;
- 5) вид використовуваного силового приводу;
- 6) спосіб отримання сигналу;

- 7) тип силової установки і джерела енергії;
- 8) область практичного застосування.

Постановка завдання

Основними завданнями аналізу ринку збуту продукції є такі [1, 16]:

- 1) оцінка місткості ринку та окремих його сегментів та визначення впливу факторів, що впливають на їх зміну;
 - 2) вивчення показників збуту різних категорій виробів та розробка пропозицій щодо формування ринків збуту;
 - 3) виявлення та дослідження потенційних конкурентів, як на регіональному так і на галузевому рівнях.
- Зміст дослідження включає такі складові частини:
- 1) оцінка структури ринків збуту;
 - 2) оцінка місткості та частки ринку;
 - 3) аналіз динаміки продажу щодо споживачів.

Аналіз

Розглянемо характерні моделі екзоскелетів та їх особливості.

Найпершим екзоскелетом вважається **G.E. Hardiman (General Electric, United States military)** [18, 41, 42] (рис.1). Екзоскелет є спільною розробкою General Electric і United States military. Він міг піднімати 110 кг при зусиллі у 4,5 кг. Проте він був непрактичним із-за його значної маси 680 кг. Проект не був успішним. Будь-яка спроба використання повного екзоскелета закінчувалася інтенсивним неконтрольованим рухом, внаслідок чого ніколи не перевірявся з людиною усередині. Подальші дослідження були зосереджені на одній руці. Хоча вона повинна була піднімати 340 кг, її вага складала 750 кг, що в два рази перевищувало підйомну потужність. Без отримання разом усіх компонентів для роботи практичне застосування проекту Hardiman було обмежене.



Рис. 1. Екзоскелет Hardiman (General Electric, United States military)

Екзоскелет **ReWalk** складається з моторизованого каркасу, датчиків тілі та рюкзака, в якому знаходяться комп'ютер і джерело живлення [13, 17, 26] (рис.2). Заряду акумулятора вистачає на 3,5 години автономної роботи, а вага системи складає близько 23 кг. Біоелектронний пристрій визначає мінімальні відхилення в рівновазі людини за допомогою датчиків. Сигнали датчиків трансформуються в імпульси, які нормалізують рухи людини, що дозволяє йому ходити або стояти. Для підтримки рівноваги використовуються мотици. Для початку руху людина обирає потрібну опцію на пульті управління - "встати", "сісти", "йти", "спускатися" або "підніматися". Потім треба нахилитися вперед, щоб активувати сенсори на тілі і запустити рух моторизованого каркаса. Ізраїльський Rewalk був відмічений як кращий винахід 2013 р. за версією Time Magazine. Крім того, журнал IT Business Week включив екзоскелет ReWalk в перелік 66 ізраїльських винаходів, які змінили світ. Вартість системи починається з \$70 000 (2016 р.).

ATOUN Model Y (Panasonic) [43] (рис.3). Підрозділ японської корпорації Panasonic ATOUN розробив екзоскелет нового покоління, який, на 40% легше за своїх попередників, а також більш функціональний і забезпечує плавні рухи. Продаж екзоскелета Panasonic ATOUN Model Y почнуться у квітні 2018 року. У 2017 р.

компанія відкрила передзамовлення на новинку. Екзоскелет розроблений підрозділом ATOUN спеціально для тих, чия робота пов'язана з навантаженням на попереk і хребет. Модель екзоскелета розроблялася з урахуванням відгуків користувачів попередніх моделей. Model Y важить 4,4 кг і кріпиться на талії для підтримки попереку, коли людина підводить або переміщає вантаж. Екзоскелет відрізняється зручністю посадки, плавнішими рухами, підвищеною мобільністю і міцністю. Новинка за допомогою локаційних сенсорів відстежує кожен рух користувача і передбачає подальші дії за рахунок вбудованого алгоритму. Двигуни синхронно дублюють дії людини, розвантажуючи його м'язи і запобігаючи ушкодженням.

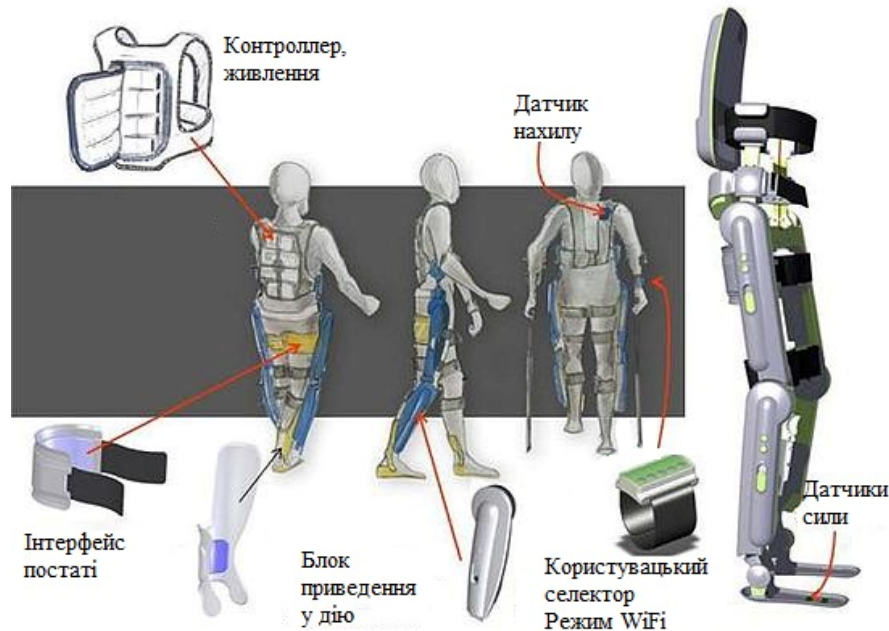


Рис. 2. Система ReWalk Person

ATOUN Model Y (Panasonic) [43] (рис.3). Підрозділ японської корпорації Panasonic ATOUN розробив екзоскелет нового покоління, який, на 40% легше за своїх попередників, а також більш функціональний і забезпечує плавні рухи. Продаж екзоскелета Panasonic ATOUN Model Y почнуться у квітні 2018 року. У 2017 р. компанія відкрила передзамовлення на новинку. Екзоскелет розроблений підрозділом ATOUN спеціально для тих, чия робота пов'язана з навантаженням на попереk і хребет. Модель екзоскелета розроблялася з урахуванням відгуків користувачів попередніх моделей. Model Y важить 4,4 кг і кріпиться на талії для підтримки попереку, коли людина підводить або переміщає вантаж. Екзоскелет відрізняється зручністю посадки, плавнішими рухами, підвищеною мобільністю і міцністю. Новинка за допомогою локаційних сенсорів відстежує кожен рух користувача і передбачає подальші дії за рахунок вбудованого алгоритму. Двигуни синхронно дублюють дії людини, розвантажуючи його м'язи і запобігаючи ушкодженням.



Рис. 3. ATOUN Model Y (Panasonic)

Американська компанія **Lowe's (США)** [23], яка володіє мережею магазинів з продажу товарів для поліпшення житла, забезпечила працівників простими екзоскелетами для полегшення роботи. Компанія спільно з Політехнічним університетом Вірджинії розробила технологію, завдяки якій стає простіше піднімати і пересувати важкі об'єкти (рис.4). Стержні з вуглецевого волокна немоторизованих екзоскелетів виступають штучними сухожиллями: згинаються, коли носій присідає, і розгинаються, коли він встає.



Рис. 4. Модель Lowe's

Ekso Vest [19, 20, 36] (рис.5, 6). На складальних лініях автомобілів Ford є ряд робочих місць, на яких людям велику частину часу доводиться виконувати певні дії над головою, що природно негативно відбивається на їх фізичних відчуттях в ділянці спини, шиї і плечей. Щоб змінити ситуацію автовиробник вирішив скористатися послугами каліфорнійської компанії Ekso Bionics і випробувати її екзоскелет EksoVest, який допомагає піднімати і підтримувати руки працівника. EksoVest є механізованим жилетом для вірніше за частину тіла, який можна використати робітникам із зростанням від 152 до 193 см. Для підйому і регульованої підтримки вантажів масою від 2,2 до 6,8 кг на руку використовуються спеціальні пружинні механізми. При цьому користувач може вільно пересуватися, оскільки уся система важить не більше 4,3 кг.



Рис. 5. Роботизований жилет Ekso Vest



Рис. 6. Екзоскелет Ekso Vest

Як показує практика, після впровадження екзоскелетів на заводах компанії Ford в інших країнах світу, число інцидентів на робочому місці пішло на спад, а ергономічні проблеми співробітників, зайнятих важкою фізичною працею, скоротилися на 90% [36]. Валенсійська завод Ford, що випускає автомобілі марок Kuga, Mondeo, S-MAX, Galaxy і Transit Connect, став першим підприємством іспанського автомобілебудування, на якому почали застосовувати екзоскелети для оптимізації виробничого процесу.

MAX - Modular Agile Exoskeleton (Компанія suitX) [14, 37] (рис.7). Компанія suitX (Каліфорнія) у 2016 р. анонсувала екзоскелет Phoenix. Доступний і призначений для користувачів з обмеженими можливостями. Екзоскелет працював на моторах, які пересували ноги носія. Ця ж компанія представила безмоторний екзоскелет MAX (Modular Agile Exoskeleton). Він зможе значно полегшити життя багатьом. У екзоскелета MAX три режими, працювати з якими можна як окремо, так і в комбінації. Спосіб залежатиме від кінцевої мети носія. Це режими backX, shoulderX та legX. У режимі backX усе навантаження припадає на поперекову частину хребта носія. У режимі shoulderX навантаження лягає вже на плечі, що дозволяє упродовж довгого часу тримати або переносити речі у грудях, випроставшись на повний зріст. Режим legX дозволяє підтримувати коліна і квадрицепси. З комбінуванням режимів робота піде усяк швидше і простіше.



Рис.7. Модель MAX - Modular Agile Exoskeleton

Попри те, що в системі в цілому немає ніяких двигунів, мікрокомп'ютери в ній встановлені. Вони розташовуються в ногах екзоскелета і під час роботи постійно зв'язуються один з одним. Мікрокомп'ютери здатні визначати, що робить носій: пересувається, нахиляється, сидить або переносить вантаж, піднімається або спускається сходами. Вартість одиниці екзоскелета (при замовленні 20 пар) становить: backX - \$4 000; shoulderX - \$4 000; пара legX - \$6 000. Отже, повний набір - \$14 000.

HULC - Human Universal Load Carrier (Lockheed Martin) [31] (рис.8). Компанією Lockheed Martin був створений універсальний екзоскелет HULC (Human Universal Load Carrier). Його призначенням є полегшення пересування бійців, які діють у відриві від своїх основних сил. У таких умовах сучасні солдати іноді вимушені переносити на собі більше 60 кг різних вантажів, включаючи боеприпаси, продовольство, електроніку і велику кількість акумуляторних батарей, які призначені для енергопостачання різноманітної електронної техніки. Початковий варіант екзоскелета HULC живився від літій-полімерних акумуляторних батарей, які приводили в дію електрогідравлічну систему костюма та іншу електроніку військового призначення. Передбачається, що уся система живлення знаходитиметься на самому екзоскелеті та зможе обслуговувати і інші електронні обладнання бійця. Розробці цих джерел живлення приділяється велика увага, оскільки існуюче рішення з літій-іонними акумуляторами є явно недостатнім для проведення тривалих бойових операцій поза містом і доступними електромережами.



Рис.8. Екзоскелет HULC - Human Universal Load Carrier (Lockheed Martin)

TALOS (DARPA) [3, 28] (рис.9). Проект TALOS - спорядження "костюмом людини із заліза". Винахід американських військових узяв за основу добре відому усім людям річ під назвою "тіло людини". Американським агентством "DARPA" було оголошено про укладення з Біоінженерним інститутом (Гарвард) договору на суму два мільйони дев'ятсот тисяч доларів (2014р.). Цей договір пов'язаний з розробкою екзоскелета-робота гнучкого типу. Він здатний буде зробити військових набагато сильнішими і невразливими. Окрім військових костюм зможуть надівати люди з інвалідністю і повністю паралізовані, що дозволить завдяки його використанню почати ходити. Проект нагадує інші схожі екзоскелети, але має одно важливу відмінність. Велика частина аналогічних пристосувань досить громіздкі, жорсткі і важкі. Проект американських військових пропонує спочатку гнучкий, зручний і легкий костюм-екзоскелет, аналогів якому ще не придумано. Він виготовлений здебільшого з особливої тканини і шкіряних ременів, що кріпляться навколо ніг і талії людини. У ці елементи ушиті джерела енергії, а також необхідні для роботи мікропроцесори та датчики. У ремені знаходяться моторчики, що надають власникові костюма додаткову силу. Завдяки ним військовий стає мобільнішим.



Рис. 9. Модель TALOS (DARPA)

За інформацією розробників, смуги розташовані так, щоб вони змогли не лише імітувати м'язи людських ніг, але і раціональним способом надавати їм відповідне зусилля. Над проектом ведеться активна робота вже на протязі декількох років. За цей час фахівці змогли створити декілька робочих варіантів екзоскелета. Завдяки новому контракту технологія, що розробляється, просуватиметься і далі. Отримані надбання дозволять використовувати результати не лише американським військовим, але також і виробникам м'якої роботехніки, прагнучим зробити свої вироби як можна еластичнішими і стійкішими до ушкоджень.

За даними на 2019 р. американський спецназ у кінці року отримає унікальний роботизований екзоскелет TALOS (рис.10).



Рис. 10. Зразок екзоскелета TALOS

Екзоскелет TALOS матиме "рідку" керамічну броню, яка здатна миттєво тверднути при дії електричного струму, - над цим головним ноу-хау працюють учені з Массачусетського технологічного інституту. Розумна начинка дозволить комплексу контролювати температуру тіла, частоту серцевих скорочень і рівень вмісту води в організмі спецназівця. Також TALOS матиме системи кругового огляду і нічного бачення та можливість автоматичного надання меддопомоги при пораненні.

Вбудовані у TALOS електроприводи допоможуть бійцям довше зберігати сили і менше втомлюватися від фізичного навантаження, а система доповненої реальності забезпечуватиме солдатів актуальною

інформацією, маючи постійний доступ у Мережу. Над проектом TALOS, окрім MIT працюють такі великі компанії як Boeing, Lockheed Martin, Raytheon, Adidas та Nike. При цьому головним завданням розробників на цьому етапі є створення компактного і потужного джерела живлення.

Екзоскелет Power Loader (Panasonic) [32] (рис.11). Представлена "полегшена" версія системи, яка збільшує силу ніг користувача на 40 кг, але позбавлена маніпуляторів-рук. Power Loader Light (PLL) використовує сенсори в педалях, які визначають рух ніг і перерозподіл ваги, за рахунок чого костюм "передбачає" ваші рухи і відповідним чином переміщає механічні кінцівки. Сфери застосування PLL: роботехнічна дослідницька платформа, взаємодія "людина-машина", взаємодія "мозок-машина", використання як реабілітаційного інструменту. Система працює під управлінням Linux, тому вона повністю налаштовується, включаючи механічні компоненти. Ціна Panasonic Power Loader Light складає \$223 тис., проте передбачена і програма заохочення для майбутніх дослідників і розробників. Вони зможуть придбати PLL за \$111, 5 тис. для наукової роботи, результати якої мають бути опубліковані впродовж року. У 2013г. прототипи екзоскелетів Power Loader невдало застосовувалися при ліквідації аварії на Фукусиме (Японія) [25, 30].

UniExo (Україна) [13, 18] (рис.12). В Україні киянин **Антон Головаченко** побудував оригінальний екзоскелет. Екзоскелет є зовнішнім моторизованим скелетом, який закріплюється на тілі людини. За допомогою чутливих датчиків, точних сервоприводів і електроніки він повторює рухи, посилюючи їх.



Рис. 11. Екзоскелет Power Loader (Panasonic)

Екзоскелет UniExo української розробки переміг в номінації Robohub Reader's Pick престижного міжнародного конкурсу Silicon Valley Robotics (2016р.). Найпопулярніші сфери застосування - медицина, армія, сільське господарство і будівництво. Пристрій, призначений для людей з порушеннями рухової функції, створив 22-річний киянин Антон Головаченко. Модель може подарувати можливість ходити людям, прикованим до інвалідних колясок. Деякі експерти вважають, що UniExo може стати проривом на ринку. Якщо ціна екзоскелета ReWalk від \$70 000 до \$100 000, то екзоскелет UniExo з нейроуправлінням обійдеться у \$25 000.



Рис. 12. Модель UniEho

Студент технічного університету з Індії, **Вимал Говинд Манікандан**, розробив і зібрав працюючий екзоскелет в стилі «Залізна Людина» [10] (рис.13). На винахід майбутній інженер витратив лише \$750. Це досить мало, якщо порівнювати з аналогічними технологічними костюмами від інших винахідників і компаній. Індійський екзоскелет не може літати. У ньому і ходити доки досить важко. Винахід важить близько 100 кг, але при цьому дозволяє людині піднімати вантаж вагою до 150 кг. Розробка призначена для використання в промисловій сфері, а також військовими.



Рис.13. Екзоскелет в стилі «Залізна Людина» (Індія)

H-LEX (Hyundai) [35] (рис.14). Представники компанії Hyundai стверджують, що їх придатний для носіння роботизований прототип це щось на кшталт костюма «Залізна Людина». Він дозволяє носію піднімати і переносити вагу в сотні кілограм. Виробники припускають, що екзоскелет в перспективі буде корисний на різних фабриках, у військовій промисловості і для фізичної реабілітації після перенесених травм. Судячи з усього, новий екзоскелет розроблений на платформі Hyundai H-LEX, яка була представлена в 2015 році. Платформа H-LEX була більше полегшеною і менш роботизованою, ніж сучасна. Вона була розроблена для того, щоб допомогти пересуватися людям з фізичними недоліками, викликаними віком або травмами. Дані по особливостям управління та вартості екзоскелета відсутні. Компанія Panasonic займається розробкою схожого пристрою для фабричних робітників. Деякі виробники взялися за виробництво окремих полегшених систем для ніг, призначених для щоденного використання. А такі автомобільні компанії як Audi та BMW вже тестували екзоскелети, які дають можливість інженерам сидіти в повітряному просторі, абсолютно не напружуючи їх спину. Насправді це зовсім не броня «Залісної Людини», а початок.



Рис. 14. Екзоскелет H-LEX (Hyundai)

«ЕкзоАтлет» (Росія) [5, 7] (рис.15). "ЕкзоАтлет" більше за усіх в Росії просунувся в створенні інноваційної техніки для людей з обмеженими можливостями: випробування і сертифікація екзоскелета пройдені, продукт збирає передзамовлення (2016р.). Двигуни і велику частину комплектуючих "ЕкзоАтлет" закуповує у зарубіжних виробників, передзамовлення на версію екзоскелета для особистого користування відбувається за ціною 1,5 млн. крб. (2016р.), модульна версія для клінік коштує 3,5 млн. крб.



Рис. 15. Екзоскелет «ЕкзоАтлет» (Росія)

Fourier X1 (Fourier Intelligence, Китай) [12] (рис.16). Китайський стартап Fourier Intelligence розробив "робота для носіння", або екзоскелет для людей з руховою дисфункцією (2017р.). Винахід з'явиться на ринку впродовж одного-двох років. Рухові функції робота Fourier X1 дозволяють йому ходити, сидати, вставати і підійматися по східцях. У нього чотири електричні приводи, два в стегнах і два в колінах, а також чотири батареї, що забезпечують 7 годин роботи. Стартап, заснований в 2015 році в шанхайському технопарку, намагався обійти конкурентів і в ціні на "робота для носіння", щоб він став доступніший ізраїльського ReWalk або японського Cyberdyne. Ціна на нього має бути втричі нижча (біля \$30 000), ніж у зарубіжних аналогів, які продаються зараз в діапазоні від \$87 000 до \$145 000.



Рис. 16. Екзоскелет Fourier Intelligence

Цікаве місце займають екзоскелети у **мистецтві** та споріднених галузях, наприклад, комп'ютерні ігри, кінематограф тощо. "AXO Suit" у фільмі «Чужий» (*Alien*) [44], бойовий костюм із фільму «Грань майбутнього» (*Edge of Tomorrow*) [22], обладунки прибульця у фільмі «Хижак» (*Predator*) [24], екзоскелет персонажу коміксів та фільму «Залізна людина» (*Iron Man*) [8], обладунки у грі *Stalker* [9]. Існують набори для конструювання, які можна використовувати в навчанні та початковому моделюванні екзоскелетів [34, 38].

Оцінка структури ринків збуту досліджується з точки зору обсягів реалізації на місцевому ринку, по області, в межах України та за її межами [1]. На другому етапі необхідно вивчити місткість ринку та показники структури щодо частки ринку.

Місткість товарного ринку відображає принципово можливий обсяг збуту товару суб'єктом господарювання. Місткість ринку визначається обсягом (у фізичних одиницях або вартісному вираженні) товарів, які на ньому реалізуються протягом року.

Місткість ринку можна визначити за такою формулою [1]:

$$V = B + Z + I - E$$

де V — місткість ринку; B — виробництво товарів; Z — залишки товарних запасів;
 I — імпорт товарів; E — експорт товарів.

У ситуації з такою наукоємною та складною продукцією як екзоскелети дуже важко визначити всі складові наведеної формули. Вартість продукції велика (від \$6 000 до \$120 000 за одиницю продукції). Самі виробники вимагають індивідуального налаштування і мають ознаки дослідного чи невеликого серійного виробництва.

У 2014 році об'єм світового ринку екзоскелетів становив \$68 млн. €75-120 тис. коштував в 2014 році один екзоскелет, розроблений західними компаніями. Найбільші виробники екзоскелетів у світі - це американська Indego, ізраїльська ReWalk, японські Hybrid Assistive Limb і Ekso Bionics [7].

Дослідження ринку роботів для реабілітації по всьому світу з 2015 до 2021 р. прогнозує значне зростання і прибуток в \$ 1,1 млрд. до 2021 року. Жодна компанія доки не домінує на секторі ринку роботів для реабілітації [2, 21, 39]. Продукти, які працюють досі, з'являються в якості комерційних пристроїв. Усі продукти, які нині є комерційно життєздатними, повинні забезпечити значну потужність в ринковій перспективі для компаній, які їх випускають. Екзоскелети становлять конкуренцію інвалідним коляскам, дозволяючи людям з обмеженими можливостями мати більше рухливості.

Час заряду батареї кожного з розглянутих пристроїв виробниками не вказується або вказується з великими розбіжностями в різних джерелах. Однією з головних проблем в розробці екзоскелетів є створення відповідних компактних і містких паливних елементів (електричних, бензинових, реактивних або інших). Але роботи над цим ведуться і сподіваємося на успішні комплексні рішення багатьох проблем технології екзоскелетів.

Висновки

Проведений аналіз ринку екзоскелетів дозволяє умовно поділити ці пристрої за областю практичного використання на такі:

1) ті, що дозволяють людині із вадами просто пересуватися (тут не має значення скільки додатково треба переносити вантажу окрім ваги самої людини, головні вимоги – адаптивність, автономність, можливість використовувати самостійно);

- 2) екзоскелети для вантажних робіт (головний показник – вага, яку можна підняти та перенести на невеликі відстані, можливе використання неавтономного живлення);
- 3) повні екзоскелети або пристосування (частини екзоскелетів), які зменшують навантаження чи перерозподіляють навантаження при роботі у незручних умовах виробництва чи агросфері (головні вимоги – носимість, автономність, невелика вага пристроїв, можливе використання взагалі без акумуляторів);
- 4) екзоскелети, які використовують військові, від найпростіших видів (за вимогами особистої легкості, великої вантажопідйомності, автономні протягом доби тощо) до перспективних розробок з розумною крицею (невидимі, інтегровані у захисні панелі, куленепробивні тощо);
- 5) розробки з долею фантастичного спрямування, моделі екзоскелетів у художніх творах чи комп'ютерних іграх, кінематографічні моделі тощо;
- 6) прогнозується значне зростання ринку екзоскелетів протягом найближчих 5 років та прибуток у \$ 1,1 млрд.;
- 7) з розглянутих виробів, найбільш готовими для медичного ринку є моделі HAL-5 Type-B, Honda, ReWalk, EchoAtlet; для промисловості та будівництва - Ekso Vest; для військового ринку – HULC; для агросфери - Lowe's, Ekso Vest.

У якості перспективних досліджень є сенс визначити загальний критерій ефективності використання екзоскелетів у різноманітних галузях людської діяльності.

Література.

1. Аналіз ринків збуту і маркетингової діяльності підприємства [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://lubbook.org/book_248_glava_29_5.4_Anal%D1%96z_rink%D1%96v_zbutu_%D1%96.html (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
2. Аналітика: рынок реабилитационных роботов до 2021 года [Электронный ресурс]. – Режим доступу: https://robotics.ua/news/business/4561-market_rehabilitation_robots_to_2021 (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
3. Армия США за 2 миллиона 900 тысяч \$ разработает для своих солдат мягкий экзоскелет [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <https://www.2ae.ru/news/novosti-otrasli/armiya-ssha-za-2-milliona-900-tysyach--razrabotaet.html> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
4. Верейкин А.А. К вопросу применения экзоскелетов в промышленной и строительной сфере - история разработок, виды, классификация [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://www.str-t.ru/reports/18/> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
5. Денисюк В.А. Анализ современного рынка экзоскелетов / Денисюк В.А., Денисюк А.В.// Інноваційний розвиток: економіка, управління, інформаційні технології, право, освіта. Матеріали II міжнародної науково-методичної конференції (Вінницький національний аграрний університет, м.Вінниця, 24-26 квітня 2014 р.). Вінниця, ВНАУ, 2013.- С. 10-14.
6. Экзоскелет (бионика) [Электронный ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%5%D0%BA%D0%B7%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D1%82_\(%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%5%D0%BA%D0%B7%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D1%82_(%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0)) (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
7. Железный человек: как сделать бизнес на производстве экзоскелетов [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rbc.ru/magazine/2016/06/574dd8eb9a794781cdb17769> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
8. Железный человек комикс — Iron Man [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <https://bawahacomics.ru/zheleznyj-chelovek-iron-man-2/> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
9. Защитное снаряжение [Электронный ресурс]. – Режим доступу: http://freelaymod.ucoz.ru/publ/stalkerskie_kombinezony/1-1-0-22 (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
10. Индийский студент собрал экзоскелет Железного человека за \$750 (3 видео) [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://24gadget.ru/tags/Iron+Man/> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
11. Каталог экзоскелетов [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://robotrends.ru/robopedia/katalog-ekzoskeletov> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
12. Китайский экзоскелет втрое дешевле зарубежных аналогов [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <https://hightech.fm/2017/03/28/china-exoskelet> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
13. Молодий геній-інженер: український студент створив екзоскелет, що збирає нагороди по всьому світу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.5.ua/nauka/molodyi-heniinzhener-ukrainskyi-student-stvoriv-ekzoskelet-shcho-zbyraie-nahorody-po-vsomu-svitu-133408.html> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
14. Новый экзоскелет MAX сможет спасти многих рабочих от производственных травм [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://ipkey.com.ua/technology/784-exoskeleton-suitx-max.html> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
15. Оружие. Метрополитен-музей. Нью-Йорк, Нью-Йорк (The Metropolitan Museum of Art, NYC) [Электронный ресурс]. – Режим доступу: http://uienifer-travel.blogspot.ru/2015/03/metropolitan-museum-of-art_21.html (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.

16. Оцінка ринку збуту продукції [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://pidruchniki.com/92327/finansy/otsinka_rinku_zbutu_produktsiyi (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
17. Персональный экзоскелет ReWalk [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ichilovservice.com/technologies/ekzoskelet-rewalk> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
18. По следам аватара. Сможет ли украинский экзоскелет победить израильский [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dsnews.ua/future/po-sledam-avatara-smozhet-li-ukrainskiy-ekzoskelet-pobedit-02122016120000> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
19. Рабочие в экзоскелетах трудятся на линиях Ford (видео) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecotechnica.com.ua/technology/2854-rabochie-v-ekzoskeletakh-trudyatsya-na-liniyakh-ford-video.html> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
20. Роботизированный жилет Ekso Vest поможет строительной отрасли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://enki.ua/robotizirovannyu-zhilet-ekso-vest-pomozhet-stroitelnoy-otrasli-8840> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
21. Рынок экзоскелетов: стратегии и прогнозы с 2015 по 2021 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://robotics.ua/news/business/4441-exoskeletons_market_from_2015_to_2021 (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
22. Самый дорогой костюм для фантастического фильма [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nibler.ru/pics/28256-samyu-dorogoy-kostyum-dlya-fantasticheskogo-filma.html> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
23. Сотрудников магазинов Lowe’s обеспечили экзоскелетами для поднятия тяжестей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3dnews.ru/952237> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
24. Хищники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://old.mirf.ru/Articles/print4185.html> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
25. Экзоскелет [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.popmech.ru/blogs/post/5600-ekzoskelet/> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
26. Экзоскелет для частично парализованных: теперь и в Украине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://realist.online/article/ekzoskelet-dlya-chastichno-paralizovannyh-teper-i-v-ukraine> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
27. Экзоскелеты: настоящее и будущее [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rusnauka.com/28_NII_2012/Biologia/11_117495.doc.htm (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
28. Экзоскелет сделает из солдат США «сверхлюдей» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://info.sibnet.ru/article/484846/> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
29. Экзоскелеты средневековых рыцарей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://provladimir.livejournal.com/266616.html> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
30. Экзоскелеты. Стань сильным, как робот! [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://joy4mind.com/?p=8006#ixzz30kKrRdaJ> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
31. Экзоскелет HULC [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://hlamer.ru/video/300322-Ekzoskelet_HULC (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
32. Экзоскелет Panasonic Power Loader Light добавит легкости шагам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3dnews.ru/news/ekzoskelet-panasonic-power-loader-light-dobavit-legkosti-shagam> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
33. Як працює екзоскелет [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://thefuture.news/exoskeleton> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
34. EduExo Arduino – комплект экзоскелета для обучения (+видео) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://robotics.ua/news/cyborg/6125-eduexo_arduino_ekzoskelet_dlya_obucheniya_video (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
35. Hyundai представляет экзоскелет, который превратит тебя в пилота меха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ipkey.com.ua/technology/461-hyundai-exoskeleton.html> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
36. Ford почав використовувати екзоскелети на своїх заводах в Іспанії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukr.media/auto/344642/> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.
37. A Modular, Full-Body Exoskeleton for Reducing Forces at the Back, Shoulder, and Knee [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www.suitx.com/max-modular-agile-exoskeleton> (Accessed 15 June 2019). – Title from the screen.
38. EduExo: The First Robotic Exoskeleton Kit for STEM Education [Electronic resource]. - Mode of access: <https://www.kickstarter.com/projects/1485976654/eduexo-the-first-robotic-exoskeleton-kit-for-stem> (Accessed 15 June 2019). – Title from the screen.
39. Exoskeletons: Market Shares, Strategies, and Forecasts, Worldwide, 2015 to 2021 [Electronic resource]. - Mode of access: <http://wintergreenresearch.com/medical-exoskeletons> (Accessed 15 June 2019). – Title from the screen.

40. Introduction to the Commercial Exoskeletons Catalog [Electronic resource]. - Mode of access: <https://exoskeletonreport.com/2016/12/introduction-to-the-commercial-exoskeletons-catalog/> (Accessed 15 June 2019). – Title from the screen.

41. GE's Retro exoskeleton (robot) from the 1950s [Electronic resource]. - Mode of access: <https://blog.adafruit.com/2010/09/08/ges-retro-exoskeleton-robot-from-the-1950s/> (Accessed 15 June 2019). – Title from the screen.

42. G.E. Hardiman — первый в мире экзоскелет из 60-х годов прошлого века [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://se7en.ws/g-e-hardiman-pervyy-v-mire-yekzoskelet-iz-60-kh-godov-proshlogo-veka/> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.

43. Panasonic выпустила экзоскелет ATOUN Model Y для защиты позвоночника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://techfusion.ru/panasonic-vypustila-ekzoskelet-atoun-model-y/> (дата звернення 15.06.2019). – Назва з екрана.

44. Robot Exoskeletons For The Elderly Will Help Them. Remain Active In Old Age [Electronic resource]. - Mode of access: <https://www.bustle.com/articles/117258-robot-exoskeletons-for-the-elderly-will-help-them-remain-active-in-old-age> (Accessed 15 June 2019). – Title from the screen.

45. US military eyes futuristic 'bionic arm' for troops [Electronic resource]. - Mode of access: <http://209.157.64.201/focus/f-news/3643981/posts> (Accessed 15 June 2019). – Title from the screen.

References.

1. Dystantsijne navchannia (2018), “Analysis of markets of sale and marketing activity of enterprise” , [Online], available at: http://lubbook.org/book_248_glava_29_5.4_Anal%D1%96z_rink%D1%96v_zbutu_%D1%96.html (Accessed 15 June 2019).

2. Robotics (2015), “Analytic: market of rehabilitation robots to 2021”, [Online], available at: https://robotics.ua/news/business/4561-market_rehabilitation_robots_to_2021 (Accessed 15 June 2019).

3. 2A-Avtomatyzatsiya (2014), “Army of the USA for \$ 2 millions 900 thousands will work out for the soldiers soft exoskeleton”, [Online], available at: <https://www.2ae.ru/news/novosti-otrasli/armiya-ssha-za-2-milliona-900-tysyach--razrabotaet.html> (Accessed 15 June 2019).

4. Verejkyn A.A.(2018), “To the question of exoskeletons application in an industrial and building sphere is history of developments, kinds, classification”, [Online], available at: <http://www.str-t.ru/reports/18/> (Accessed 15 June 2019).

5. Denysiuk V.O. and Denysiuk A.V. (2014), “Modern Market of Exoskeleton Analysis”, Materialy II mizhnarodnoi naukovo-metodychnoi konferentsii [Materials of international research and method conference], Innovatsijnyj rozvytok: ekonomika, upravlinnia, informatsijni tekhnolohii, pravo, osvita [Innovative development: economy, management, information technologies, right, education], Vinnytsya national agrarian university, Vinnytsya, Ukraine, 24-26 April, pp. 10-14.

6. ”Exoskeleton (bionics)”, Vikipedija, [Online], available at: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%BA%D0%B7%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D1%82_\(%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%BA%D0%B7%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D1%82_(%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0)) (Accessed 15 June 2019).

7. “Iron Man: how to do business on the exoskeleton production”, [Online], available at: <https://www.rbc.ru/magazine/2016/06/574dd8eb9a794781cdb17769> (Accessed 15 June 2019).

8. Zheleznyj chelovek komyks — Iron Man, [Online], available at: <https://bwahahacomics.ru/zheleznyj-chelovek-iron-man-2/> (Accessed 15 June 2019).

9. “Protective equipment”, [Online], available at: http://freeplaymod.ucoz.ru/publ/stalkerskie_kombinezony/1-1-0-22 (Accessed 15 June 2019).

10. 24gadget.ru (2016), Indijskij student sobral jekzoskelet Zheleznogo cheloveka za \$750 (3 video), [Online], available at: <http://24gadget.ru/tags/Iron+Man/> (Accessed 15 June 2019).

11. RoboTrends (2018), Katalog jekzoskeletov, [Online], available at: <http://robotrends.ru/robopedia/katalog-ekzoskeletov> (Accessed 15 June 2019).

12. Hightech (2017), Kitajskij jekzoskelet vtroe deshevle zarubezhnyh analogov, [Online], available at: <https://hightech.fm/2017/03/28/china-exoskelet> (Accessed 15 June 2019).

13. 5-Pershyj ukrains'kyj informatsijnyj (2016), Molodyj henij-inzhener: ukrains'kyj student stvoriv ekzoskelet, scho zbyraie nahorody po vs'omu svitu, [Online], available at: <https://www.5.ua/nauka/molodyi-heniinzhener-ukrainskyi-student-stvoriv-ekzoskelet-shcho-zbyraie-nahorody-po-vsomu-svitu-133408.html> Accessed 15 June 2019).

14. IPkey (2016), Novyj jekzoskelet MAX smozhet spasti mnogih rabochih ot proizvodstvennyh travm , [Online], available at: <http://ipkey.com.ua/technology/784-exoskeleton-suitx-max.html> (Accessed 15 June 2019).

15. Live Free or Die (2015), “Weapon. The Metropolitan Museum of Art, NYC”, [Online], available at: http://uienifer-travel.blogspot.ru/2015/03/metropolitan-museum-of-art_21.html (Accessed 15 June 2019).

16. Otsinka rynku zbutu produktsii , [Online], available at: http://pidruchniki.com/92327/finansy/otsinka_rinku_zbutu_produktsiyi (Accessed 15 June 2019).

17. Personal'nyj jekzoskelet ReWalk, [Online], available at:

<http://www.ichilovservice.com/technologies/ekzoskelet-rewalk> (Accessed 15 June 2019).

18. Delovaja stolica (2016), Po sledam avatara. Smozhet li ukrainskij jekzoskelet pobedit' izrail'skij, [Online], available at: <http://www.dsnews.ua/future/po-sledam-avatara-smozhet-li-ukrainskiy-ekzoskelet-pobedit-02122016120000> (Accessed 15 June 2019).

19. Ecotechnica (2017), Rabochie v jekzoskeletah trudjatsja na liniyah Ford (video) , [Online], available at: <https://ecotechnica.com.ua/technology/2854-rabochie-v-ekzoskeletakh-trudvatsya-na-liniyakh-ford-video.html> (Accessed 15 June 2019).

20. Ukrainskij portal o tehnologijah i spectehnike (2017), Robotizirovannyj zhilet Ekso Vest pomozhet stroitel'noj otrjasli , [Online], available at: <https://enki.ua/robotizirovannyj-zhilet-ekso-vest-pomozhet-stroitelnoy-otrasli-8840> (Accessed 15 June 2019).

21. Robotics (2015), Rynok jekzoskeletov: strategii i prognozy s 2015 po 2021 god, [Online], available at: https://robotics.ua/news/business/4441-exoskeletons_market_from_2015_to_2021 (Accessed 15 June 2019).

22. Samyj dorogoj kostjum dlja fantasticheskogo fil'ma, [Online], available at: <http://nibler.ru/pics/28256-samyj-dorogoy-kostyum-dlya-fantasticheskogo-filma.html> (Accessed 15 June 2019).

23. Sotrudnikov magazinov Lowe's obespechili jekzoskeletami dlja podnjatija tjazhstey , [Online], available at: <https://3dnews.ru/952237> (Accessed 15 June 2019).

24. Hishhniki, [Online], available at: <http://old.mirf.ru/Articles/print4185.html> (Accessed 15 June 2019).

25. Jekzoskelet, [Online], available at: <http://www.popmech.ru/blogs/post/5600-ekzoskelet/> (Accessed 15 June 2019).

26. Jekzoskelet dlja chastichno paralizovannyh: teper' i v Ukraine, [Online], available at: <https://realist.online/article/ekzoskelet-dlya-chastichno-paralizovannyh-teper-i-v-ukraine> (Accessed 15 June 2019).

27. Jekzoskelety: nastojashhee i budushhee, [Online], available at: http://www.rusnauka.com/28_NII_2012/Biologia/11_117495.doc.htm (Accessed 15 June 2019).

28. Jekzoskelet sdelat iz soldat SShA «sverhlyudej», [Online], available at: <http://info.sibnet.ru/article/484846/> (Accessed 15 June 2019).

29. Jekzoskelety srednevekovyh rycarej, [Online], available at: <https://provladimir.livejournal.com/266616.html> (Accessed 15 June 2019).

30. Jekzoskelety. Stan' sil'nym, kak robot!, [Online], available at: <http://joy4mind.com/?p=8006#ixzz30kKrRdaJ> (Accessed 15 June 2019).

31. Jekzoskelety HULC , [Online], available at: http://hlamer.ru/video/300322-Ekzoskelet_HULC (Accessed 15 June 2019).

32. Jekzoskelet Panasonic Power Loader Light dobavit legkosti shagam , [Online], available at: <https://3dnews.ru/news/ekzoskelet-panasonic-power-loader-light-dobavit-legkosti-shagam> (Accessed 15 June 2019).

33. Yak pratsiuie ekzoskelet , [Online], available at: <http://thefuture.news/exoskeleton> (Accessed 15 June 2019).

34. EduExo Arduino – komplekt jekzoskeleta dlja obuchenija (+video) , [Online], available at: https://robotics.ua/news/cyborg/6125-eduexo_arduino_ekzoskelet_dlya_obucheniya_video (Accessed 15 June 2019).

35. Hyundai predstavljat jekzoskelet, kotoryj prevratit tebjja v pilota meha , [Online], available at: <http://ipkey.com.ua/technology/461-hyundai-exoskeleton.html> (Accessed 15 June 2019).

36. Ford pochav vykorystovuvaty ekzoskelety na svoikh zavodakh v Ispanii, [Online], available at: <https://ukr.media/auto/344642/> (Accessed 15 June 2019).

37. “A Modular, Full-Body Exoskeleton for Reducing Forces at the Back, Shoulder, and Knee” , [Online], available at: <http://www.suitx.com/max-modular-agile-exoskeleton> (Accessed 15 June 2019).

38. “EduExo: The First Robotic Exoskeleton Kit for STEM Education”, [Online], available at: <https://www.kickstarter.com/projects/1485976654/eduexo-the-first-robotic-exoskeleton-kit-for-stem> (Accessed 15 June 2019).

39. “Exoskeletons: Market Shares, Strategies, and Forecasts, Worldwide, 2015 to 2021”, [Online], available at: <http://wintergreenresearch.com/medical-exoskeletons> (Accessed 15 June 2019).

40. “Introduction to the Commercial Exoskeletons Catalog”, [Online], available at: <https://exoskeletonreport.com/2016/12/introduction-to-the-commercial-exoskeletons-catalog/> (Accessed 15 June 2019).

41. “GE's Retro exoskeleton (robot) from the 1950s”, [Online], available at: <https://blog.adafruit.com/210/09/08/ges-retro-exoskeleton-robot-from-the-1950s/> (Accessed 15 June 2019).

42. Hardiman G.E. Pervyj v mire jekzoskelet iz 60-h godov proshlogo veka, [Online], available at: <https://se7en.ws/g-e-hardiman-pervyy-v-mire-yekzoskelet-iz-60-kh-god/> (Accessed 15 June 2019).

43. Panasonic vypustila jekzoskelet ATOUN Model Y dlja zashhity pozvonochnika, [Online], available at: <https://techfusion.ru/panasonic-vypustila-ekzoskelet-atoun-model-y/> (Accessed 15 June 2019).

44. “Robot Exoskeletons For The Elderly Will Help Them. Remain Active In Old Age”, [Online], available at: <https://www.bustle.com/articles/117258-robot-exoskeletons-for-the-elderly-will-help-them-remain-active-in-old-age> (Accessed 15 June 2019).

45. “US military eyes futuristic 'bionic arm' for troops”, [Online], available at: <http://209.157.64.201/focus/f-news/3643981/posts> (Accessed 15 June 2019).

Стаття надійшла до редакції 15.06.2019 р.