

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық  
емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV  
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Қожанова Айгүл Мұхтарқызы

«Мехатроникалық жүйелерді биоэлектрлік басқару»

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6B07111 – Робототехника және мехатроника

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV  
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

6B07111 – Робототехника және мехатроника



Дипломдық жобаны орындауға арналған  
ТАПСЫРМА

Білім алушы Қожанова Айгүл Мұхтарқызы

Тақырыбы: Мехатроникалық жүйелерді биоэлектрлік басқару

Университет ректорының 2022 жылғы «23» қараша № 408-П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: « 1 » мамыр 2023 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: Arduino Nano, SolidWorks.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- a) Биопотенциал терминіне шолу.
- б) Бұлшықет жұмысында электрлік сигналдың пайда болуына шолу
- в) Биопротездердің нарықтағы аналогтары, артықшылықтары мен кемшіліктеріне шолу
- г) Биопотенциалмен басқарылатын роботтандырылған құрылғыны жобалау

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

жұмыс презентациясы слайтарда 12 көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 16 атаулардан

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ  
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық  
емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV  
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы



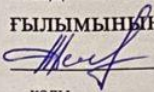
### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Мехатрикалық жүйелерді биоэлектрлік басқару»

6B07111 – Робототехника және мехатроника

Орындаған

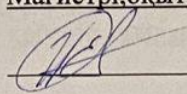
Қауымдастырылған профессор  
міндетін атқарушы. Техника  
ғылымының кандидаты

 Жаменкеев Е.К.

колы аты-жөні  
«\_\_» мамыр 2023 ж.

Қожанова А.М.

Ғылыми жетекшісі  
Техника ғылымдарының  
Магистрі, оқытушы

 Игембай Е.А.

«30» мамыр 2023 ж.

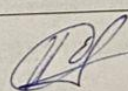
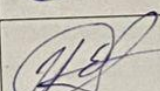
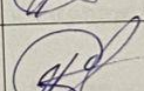
Алматы 2023

Дипломдық жұмысты дайындау

**КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	16.01-12.02.2023 ж	Орындалды
Бағдарламалық бөлім	12.02-20.03.2023 ж.	Орындалды
Зерттеу бөлімі	20.03-17.04.2023 ж.	Орындалды
Қорытынды бөлім	17.04-15.05.2023 ж.	Орындалды

Аяқталған дипломдық жұмыс үшін, оған қытысты бөлімдердің жұмыстарын көрсетумен, кеңесшілері мен қалып бақылаушының қолдары

Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ҒЫЛЫМИ ДӘРЕЖЕСІ, АТАҒЫ)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Игембай Е.А, техника ғылымдарының магистрі, оқытушы	30.05.23	
Негізгі бөлім	Игембай Е.А, техника ғылымдарының магистрі, оқытушы	30.05.23	
Есептеу бөлім	Игембай Е.А, техника ғылымдарының магистрі, оқытушы	30.05.23	

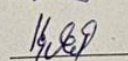
Ғылыми жетекшісі

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

Күні



Игембай Е.А



Қожанова А.М.

« 30 » Мамыр 2023 ж.

## АНДАТПА

Бұл жұмыс мехатрондық проблемаларды іздеуді биоэлектрлік басқару әдістерін зерттеуге бағытталған. Биоэлектрлік басқару бұлшықеттер, нервтер немесе ми сияқты жұмыс істейтін биологиялық субъектілер тудыратын сигнал параметрлерінің жиынтығына негізделген мехатрондық сезімдерді басқарудың инновациялық тәсілі болып табылады.

Жұмыста мехатрондық зерттеулерді биоэлектрлік басқарудың әртүрлі аспектілері қарастырылады, бұл қозғалыс мүмкіндігі шектеулі адамдарға күнделікті тапсырмаларды табуға көмектесетін әдістер мен технологияларды әзірлеуге бағытталған. Электромиограмма (ЭМГ), электроэнцефалограмма (ЭЭГ), электрокардиограмма (ЭКГ) және басқалары сияқты биоэлектрлік сигналдардың әртүрлі түрлері қарастырылады.

Жұмыста датчиктер арқылы биосигналдарды алу және тіркеу әдістері, сондай-ақ осы сигналдарды талдау және біріктіру үшін сигналдарды өңдеу және машиналық оқыту алгоритмдері қолданылады.

Мехатронды биоэлектрлік басқарудың дамыған әдістері мен технологиялары қозғалыс сезімі шектеулі адамдардың өмір сүру сапасын жақсартуға үлкен әлеуетке ие. Бұл әдістер мұндай жағдайларды біріктіруге, күнделікті тапсырмаларды орындауға және үлкен сенімділікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, осы саладағы зерттеулер адамдарға проблемаларды қамтуға және қамтуға көмектесетін жаңа технологиялар мен құрылғылардың дамуын қамтиды.

Осылайша, зерттеу нәтижелері адамның шектеулі моторлық мүдделеріне қатысты мәселелерді шешуде мехатроникалық мәселелерді биоэлектрлік басқарудың табылуы мен перспективасын көрсетеді және осы саладағы технологиялар мен инновациялардың дамуына жаңа көкжиектерді ашады.

## АННОТАЦИЯ

Эта работа направлена на изучение методов биоэлектрического управления поиском мехатронных проблем. Биоэлектрическое управление-это инновационный подход к управлению мехатронными ощущениями, основанный на наборе параметров сигнала, генерируемых биологическими объектами, функционирующими, такими как мышцы, нервы или мозг.

В работе рассматриваются различные аспекты биоэлектрического управления мехатронными исследованиями с упором на разработку методов и технологий, которые могут помочь людям с ограниченными возможностями найти повседневные задачи. Рассматриваются различные типы биоэлектрических сигналов, такие как Электромиограмма (ЭМГ), электроэнцефалограмма (ЭЭГ), электрокардиограмма (ЭКГ) и другие.

В работе используются методы получения и регистрации биосигналов с помощью датчиков, а также алгоритмы обработки сигналов и машинного обучения для анализа и интеграции этих сигналов.

Передовые методы и технологии биоэлектрического управления мехатронами имеют большой потенциал для улучшения качества жизни людей с ограниченным чувством движения. Эти методы позволяют комбинировать такие ситуации, выполнять повседневные задачи и обеспечивать большую надежность. Кроме того, исследования в этой области включают разработку новых технологий и устройств, которые помогают людям охватывать и охватывать проблемы.

Таким образом, результаты исследования отражают Открытие и перспективу биоэлектрического управления мехатронными проблемами при решении проблем, связанных с ограниченными двигательными интересами человека, и открывают новые горизонты для развития технологий и инноваций в этой области.

## ANNOTATION

This work is aimed at studying methods of bioelectric control in the search for mechatronic problems. Bioelectric control is an innovative approach to controlling mechatronic sensations based on a set of signal parameters generated by biological objects that function, such as muscles, nerves or the brain.

The paper examines various aspects of bioelectric control of mechatronic research with an emphasis on the development of methods and technologies that can help people with disabilities find everyday tasks. Various types of bioelectric signals are considered, such as Electromyogram (EMG), electroencephalogram (EEG), electrocardiogram (ECG) and others.

The work uses methods for obtaining and registering biosignals using sensors, as well as signal processing and machine learning algorithms for analyzing and integrating these signals.

Advanced methods and technologies of bioelectric control of mechatronics have great potential to improve the quality of life of people with a limited sense of movement. These methods allow you to combine such situations, perform everyday tasks and provide greater reliability. In addition, research in this area includes the development of new technologies and devices that help people to embrace and embrace issues..

Thus, the results of the study reflect the discovery and perspective of bioelectric control of mechatronic problems in solving problems related to limited human motor interests, and open up new horizons for the development of technologies and innovations in this area.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Әдеби шолу	10
1.1 Биопотенциал терминіне түсінік	10
1.2 Бұлшықет жұмысында электрлік сигналдың пайда болуы	11
1.3 Биопротездердің нарықтағы аналогтары, артықшылығы мен кемшілігі	13
2 Биопотенциалмен басқарылатын роботтандырылған құрылғыны жобалау	19
2.1 Оператордың экзоскелеттік құрылғымен өзара әрекеттесуінің математикалық моделін әзірлеу	19
2.2 Аналогты-сандық түрлендіргіш	21
2.3 Роботтандырылған құрылғының құрылымдық сұлбасы	23
3 Қажетті модульдер, оларға сипаттама	24
3.1 Ардуино	24
3.2 Мио датчик	25
3.3 Шағын тұрақты ток қозғалтқышы	25
3.4 Сервопривод	26
3.5 SolidWorks бағдарламасында 3д модельді жобалау	27
Қорытынды	
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	



## КІРІСПЕ

Қазіргі әлемде робототехника мен мехатроника саласындағы прогресс өмірдің әртүрлі салаларында, соның ішінде медицина, өнеркәсіп, сондай-ақ мүгедектерге көмек көрсетуде шешуші рөл атқарады. Бұл саладағы даму бағыттарының бірі механикалық жүйелерді басқару үшін биологиялық сигналдарды пайдалануға мүмкіндік беретін мехатрондық тапсырмаларды биоэлектрлік басқару болып табылады.

Биоэлектрлік басқару Роботтар, протездер немесе экзоскелеттер сияқты мехатрондық құрылғыларды басқару үшін бұлшықеттерде немесе мида пайда болатын электрлік сигналдарды пайдалану идеясына негізделген. Бұл адамның мехатрондық жүйелермен өзара әрекеттесуінің табиғи және интуитивті әдісін құрудың жаңа мүмкіндіктерін ашады.

Биоэлектрлік басқаруды қолданудың бірқатар артықшылықтары бар. Біріншіден, бұл мүмкіндігі шектеулі адамдарға ұтқырлық пен функционалдылықты қалпына келтіруге немесе жақсартуға мүмкіндік береді. Мысалы, аяқ-қолы ампутацияланған адамдарға протездер берілуі мүмкін, олар өз бұлшықеттерінен сигналдармен басқарылады. Екіншіден, биоэлектрлік басқаруды Мехатрондық жүйелермен табиғи түрде өзара әрекеттесуге мүмкіндік береді, өйткені ол адам ағзасында бұрыннан бар биологиялық сигналдарды пайдаланады.

Дегенмен, әлеуетті артықшылықтарға қарамастан, биоэлектрлік басқарудың да шектеулері мен қиындықтары бар. Негізгі мәселелердің бірі-биоэлектрлік сигналдарды сенімді және дәл оқу. Бұлшықеттер мен ми Шу мен кедергіге ұшырауы мүмкін әлсіз электрлік сигналдарды тудырады. Сондықтан бұл сигналдарды сенімді тануға және түсіндіруге қол жеткізу үшін арнайы сенсорлар мен сигналдарды өңдеу алгоритмдерін әзірлеу қажет.

Бұл дипломдық жобаның мақсаты мехатроникалық тапсырмалар үшін биоэлектрлік басқаруды қолдану мүмкіндігін зерттеу және бағалау болып табылады. Жұмыс барысында биоэлектрлік сигналдардың негізгі аспектілері, оларды оқу және өңдеу әдістері мен технологиялары қарастырылады. Сондай-ақ, биоэлектрлік басқарудың әртүрлі салалардағы қазіргі жағдайы мен қолданылуы зерттеледі, сондай-ақ осы тәсілдің артықшылықтары мен шектеулері анықталады.

Бұл зерттеудің нәтижелері биоэлектрлік басқаруға негізделген жаңа жүйелер мен технологияларды әзірлеуге, сондай-ақ қолданыстағы мехатрондық жүйелерді жақсартуға практикалық әсер етуі мүмкін. Осы саладағы одан әрі даму мехатрондық жүйелердің тиімділігін, ыңғайлылығы мен функционалдығын едәуір арттыра алатын, сондай-ақ адамдардың, әсіресе физикалық шектеулерге тап болғандардың өмір сүру сапасын жақсартатын инновациялық шешімдерге әкелуі мүмкін.

Осылайша, бұл зерттеу заманауи технологияларды дамыту және мехатрондық есептерді биоэлектрлік басқару мүмкіндіктерін зерттеу контекстінде өзектілігі мен маңыздылығына ие.

## **1 Әдебиетке шолу**

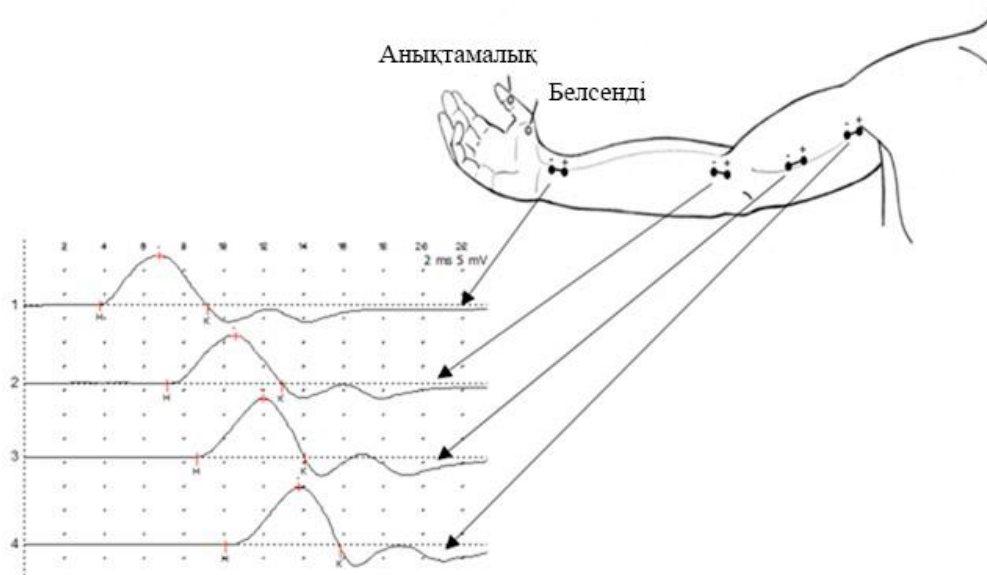
### **1.1 Биопотенциал терминіне түсінік**

Биоэлектрлік басқару дегеніміз жүйеге келетін кері байланыс командалары ретінде биоэлектрлік белсенділік сигналдарын пайдаланатын басқару. Мысалы, адамның ағзасына электр тогы әсер еткенде, жүйке жүйесінде қозу процесі басталып, адамның бұлшық етіне ауысқанда, биоэлектрлік потенциалдар пайда болады, сол кезде бұлшық еттердің жиырылу процесі басталады. Бұл процесс электромиограммалар арқылы сипатталады.

Биоэлектрлік терапия – бұл ауырсынуды сезінетін адамдар үшін дәрі-дәрмексіз қауіпсіз нұсқа. Ол кейбір созылмалы ауырсынуды және өткір ауырсыну жағдайларын емдеу үшін қолданылады. Ол миға түсетін ауырсыну сигналдарын блоктау арқылы ауырсынуды жеңілдетеді. Жарақат алған кезде ауырсыну рецепторлары орталық жүйке жүйесіне (ми мен жұлын) хабарлама жібереді. Хабарлама дененің белгілі бір жасушаларында ауырсыну ретінде жазылады. Биоэлектрлік токтарды қолдана отырып, биоэлектрлік терапия миға жеткенге дейін ауырсыну сигналдарын үзу арқылы ауырсынуды жеңілдетеді. Биоэлектрлік терапия сонымен қатар денені ауырсынуды жеңілдетуге көмектесетін эндорфин гармондарының санның арттырады.

Электромиография (ЭМГ, ЭНМГ) – перифериялық нервтердің, жұлын-ми тамырларының және бұлшықеттердің функционалдық жағдайын зерттеу және бағалау әдісі. Оның негізінде жүйке құрылымдары мен бұлшықеттердің электр өткізгіштігі мен қозғыштығын бағалау болып табылады.

Стимуляциялық ЭНМГ кезінде пациентке бір реттік тіркеуші электродтар салынады және электрлік импульстармен сигналдар жіберіледі, жауап ретінде электродтар салынған аймақтарда бұлшықеттердің өздігінен жиырылуы орын алады және дәрігер мониторда жауапты көреді (сурет-1.1). Импульстардың қарқындылығы жеке таңдалады, зерттеудің дәлдігі импульстардың дұрыс таңдалған амплитудасына байланысты.



1.1-сурет – Электродтар арқылы сигналды анықтау

Электромиограмма (ЭМГ) – (мио – бұлшықет, графо-жазу) бұл бұлшықеттің немесе бұлшықет тобының электрлік сигналдарының жазбасы. Электр сигналдарын тіркеу тері бетінде орналасқан немесе бұлшықет ішіне енгізілетін арнайы датчиктердің (ине электродтары) көмегімен жүргізіледі.

Тыныштық күйдегі бұлшықеттер электрлік белсенділікті көрсетпейді, бірақ кез-келген жұмысты орындау кезінде олардың белсенділігі электрлік потенциалдың өзгеруі түрінде көрінеді (бұлшықеттің өзінде де, терінің бетінде) және бұл потенциалдың мөлшерін сигнал ретінде тіркеуге болады.

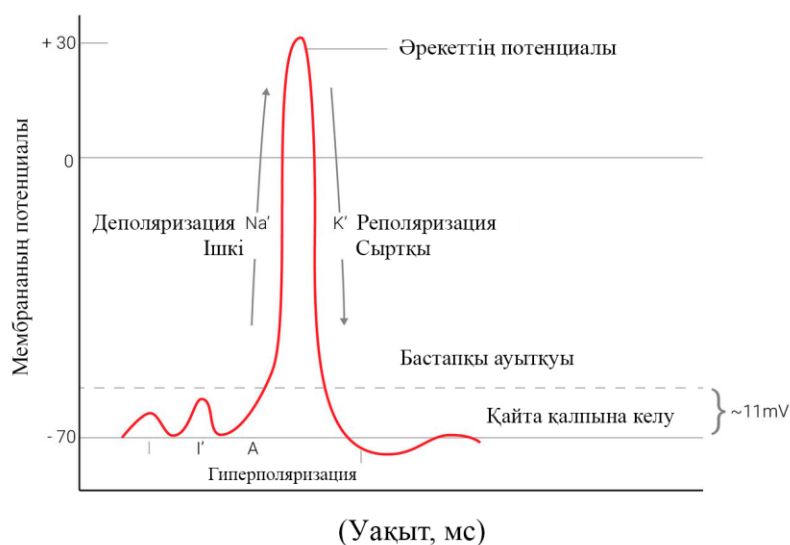
Бұлшықеттің негізгі бірлігі – бұлшықет талшығы немесе бұлшықет жасушасы. Бұлшықеттер белсендірілген кезде бұлшықет талшықтары топтарда белсендіріледі, өйткені әрбір мотонейрон бірден бірнеше бұлшықет талшықтарымен байланыс жасайды. Мотонейрон мен бұлшықет жасушалары тобының мұндай бірігуі қозғалтқыш бірлігі деп аталады.

Қозғалтқыш бірліктері "барлығы немесе ештеңе" деген қағида бойынша жұмыс істейді. Олар белсендіріліп, бірыңғай қатаң өлшенген күш шығарады немесе тыныштық күйде қалады. Қозғалтқыш бірліктері шығаратын күштің реттелуі, олардың жиырылу жиілігін реттеу арқылы жүзеге асырылады, бұл секундына орта есеппен 8-15 импульсті (имп/с) құрайды, 5-тен бірнеше ондаған имп/с-қа дейін.

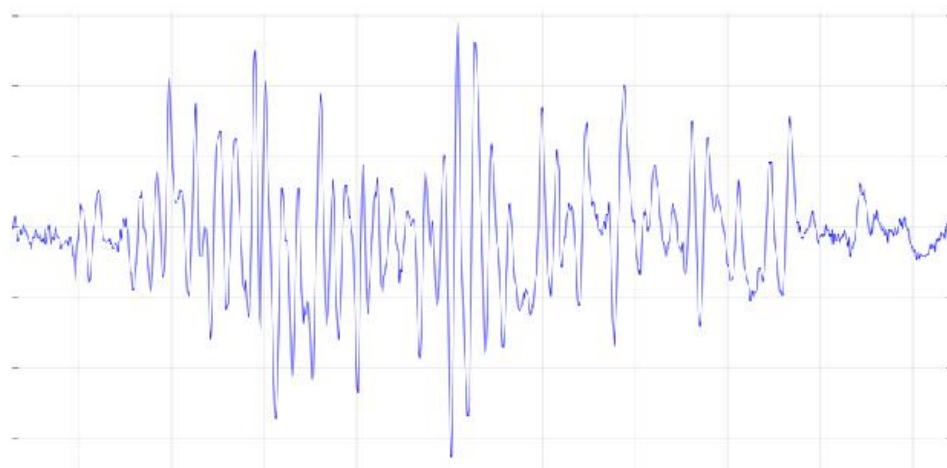
## 1.2 Бұлшықет жұмысында электрлік сигналдың пайда болуы

Бұлшықет жұмысында электрлік сигналдың пайда болуы келесідей: жүйке импульсі қозғалтқыш бірліктері келгеннен кейін бұлшықет талшығының

мембранасының деполяризациясы (0,5 мс ішінде) жүреді. Мембрананың деполяризациясы  $\text{Na}^+$  иондарының ішкі қозғалысына байланысты (сурет-1.2). Деполяризация процесі бұлшықет жасушасының екі жағына 2-6 м/с жылдамдықпен таралады. Егер электродтар бұлшықет талшықтары бойымен орналасса, онда талшықтардың электрлік сигналы биполярлы болады және бірінші толқынның белгісі электродтың талшықтарға қатысты орналасуына байланысты болады.



1.2-сурет – Бір бұлшықет талшығының миограммасы



1.3-сурет – Қозғалтқыш бірлігінің миограммасы

Бұлшықеттің әр түрлі күйде болуына байланысты, электромиограмма сигналының амплитудасы мен жиілігі ұсынылады.

– Бұлшықеттің толық тыныштық жағдайы. Бұл жағдайда электромиограмма амплитудасы 4-8 мкВ кұрайды және бұлшықеттің белсенділігін көрсетеді (мотонейронның бұлшықет талшығына бекітілетін орны);

– Бұлшықеттің әр түрлі бағытта орналасуы (жату, отыру, тұру). Бұл жағдайда амплитудасы 20-110 мкВ кұрайды.

Бұл жағдайда амплитудасы статикалық күшпен 15 - 140 мкВ, ал жиілігі 30 – 85 Гц. Мүмкін болатын шекті жүктеме кезінде амплитудасы 1,5 мВ және 160 Гц жиілікке жетуі мүмкін.

Бионикалық аяқ-қолдар қазіргі уақытта протездердің ең прогрессивті түрі болып табылады. Бұл электронды құрылғылар жасанды материалдардан жасалған, бірақ адам оларды электромиографиямен біріктірілген мақсатты бұлшықет реиннервациясы арқылы өзінің жүйке жүйесі арқылы басқара алады.

Жұмыс істеу принципі келесідей. Аяқ-қолды ампутиациялағаннан кейін денеді оны басқаратын қозғалтқыш нервтері қалады. Бұл жүйке қалдықтарын хирургиялық жолмен кейбір үлкен бұлшықеттің кішкене аймағына бекітуге болады (бұл реиннервация деп аталады). Мысалы, ампутиацияланған қол туралы айтатын болсақ, үлкен кеуде бұлшықетіне реиннервация жасатуға болады.

Нәтижесінде, адам саусағын қозғау керек деп ойлайды. Ми кеуде бұлшықеті мен саусақтардың нервтері байланысқан бөлікке сигнал жібереді. Сигнал роботтық қолдың ішіндегі процессорға сымдар арқылы импульс жіберетін электродтармен бекітіледі. Мұнда электромиография қажет. Бұл технология бұлшықет жұмысында пайда болатын электрлік потенциалдар айырмашылығын тіркеуге мүмкіндік береді. Ол кеуде бұлшықетінің реиннервацияланған бөлігінің қозғалысын қабылдайды, содан кейін сигнал протездің қажетті бөлігіне беріледі және бұл бөлік қозғалады.

### **1.3 Биопротездердің нарықтағы аналогтары, артықшылығы мен кемшілігі**

Қазіргі уақытта қарқынды дамып келе жатқан бағыттардың бірі-протездеу саласы. Жақында ампутиацияланған адамдарға арналған күрделі протездердің жаңа буыны пайда болды, атап айтқанда миоэлектрлік қол протездері. Мұндай жасанды қол бұлшықет қалдық белсенділігінің арқасында тері бетінен пайда болатын ұсақ ток импульстарымен басқарылады. Бұл процесс электромиография ретінде сипатталады. Бұл импульстар күшейтіліп, өңделеді, егер адам бұрын қолын басқарған бұлшықеттерді қатайтса, протездегі қозғалтқыштар дәл осылай жұмыс істейді.

Қолынан айырылған адамдар үшін бионикалық протез – бұл өзін мүгедек емес, өзін қаһарман ретінде сезіну мүмкіндігін сыйлайды. Мұндай протездер күрделі және қауіпті өндірістерде қолдануға бейімделуі мүмкін. Мысалы, өрт және жарылғыш құрамдармен немесе агрессивті ортада қашықтықтан жұмыс істегенде.

Бионикалық немесе биоэлектрлік протез биология, медицина және инженерия ғылымдарының бірігу нәтижесінде туындады. Қазіргі уақытта дизайн да маңызды рөл атқарады. Бүгінгі күні протез өндірушілері де, болашақ қолданушылары да табиғи аяқ – қолды визуалды түрде көшірумен шектелмейді- протез роботтың футуристік қолына ұқсауы немесе әр түрлі түсте шығарылуы мүмкін.



1.4-сурет – Бионикалық протез

Бионикалық протездың жұмыс істеуі қолдың дінгегіне гильза бекітіледі, оны әр жағдайда протездік дәрігер жеке параметрлерге сәйкес жасайды. Гильзаға роботты қолмен тікелей әрекеттесетін бұлшықет белсенділігінің сенсорлары орналастырылған.

Бионикалық қолды басқарылуы бұлшықеттердің биоэлектрлік потенциалдары электродтар арқылы жүзеге асырылады. Басқаша айтқанда, протез бұлшықет импульстарын қабылдайды және оларға белгілі бір қозғалыстармен жауап береді. Көптеген тапсырмалар протездің екі әрекетімен шешіледі – ұстау және сезу. Біріншісі үлкен заттармен өзара әрекеттесуге мүмкіндік береді, екіншісі – бау байлау сияқты кішкентайлармен.

Кейбір өндірушілер әртүрлі датчиктер мен гаджеттерді, төлем құрылғыларын, шамдарды енгізу арқылы бионикалық протездердің мүмкіндіктерін кеңейтеді. Қазірдің өзінде жақын болашақта протездердің мүмкіндіктері дененің табиғи мүшелерінің мүмкіндіктерінен асып түсетіні түсінікті және бұл оларды қолданудың жаңа түрлерін ашады.

Бионикалық протез, яғни биоэлектрлік және миоэлектрлік, қолдың сақталған бұлшықет тіндерінің кернеуі кезінде пайда болатын электрлік потенциалдың арнайы датчиктері арқылы жұмыс істейді. Электрлік потенциалды дұрыс оқуды қамтамасыз ететін сенсорлар сезімтал электродтардан тұрады. Олар оқылатын сигналды микропроцессорға, бүкіл протездің миына жібереді, ол алынған ақпаратты компьютерлік алгоритмдер арқылы өңдейді. Нәтижесінде микропроцессор алынған сигналға сүйене отырып, секундтың бір

бөлігінде командаларды қалыптастырады және оларды протездің белсенді бөліктерін қозғалысқа келтіретін қозғалтқыштарға бағыттайды.

Қазіргі уақытта бионикалық протездер екі түрге бөлінеді:

- Бір функционалды;
- Көп функционалды.

Бір функционалды протез бір ғана қозғалтқышпен жабдықталған, ол өз жұмысында бір буынды жабуды қамтамасыз етеді-процессордан сигнал түскен кезде қолдың саусақтарының ашылуы.



1.5-сурет – Бір функционалды протез

Көп функционалды биоэлектрлік протезде қолдың әр саусағы үшін қозғалтқыш бар. Бұл оған әр түрлі қысқыштарды (қимылдарды) және жабудың бірнеше түрлеріне мүмкіндік береді. Қимылдардың саны және олардың әртүрлілігі протездік процессорға бағдарламаланған және тек белгілі бір пайдаланушының жеке қалауына байланысты.



1.6-сурет – Көп функционалды биоэлектрлік протез

2007 жылы Канадалық touch Bionics I-limb — кеңінен таралған қол жетімді алғашқы бионикалық протезді ұсынды. Бұл қолдың салмағы небәрі 25 кг, жұқа саусақтары бар және тінтуірмен жұмыс істеуден бастап бау байлауға дейін ұсақ моторикаға көбірек мүмкіндіктер ашты. Протез жеңге бекітіліп, оңай бұралыс жасай алады.

Жаңа модель, i-LIMB Pulse, 90 кг салмақты ұстап тұруға қабілетті күшейтілген дизайнға ие. Протез саусақтары контакт датчиктерімен жабдықталған және қысу күші автоматты түрде реттеледі, ал жаңа импульстік ұстау режимі протезге пайдаланушының бұйрығы бойынша объектіні дәл уақытта мықтап орауға мүмкіндік береді. Бұл күнделікті тапсырмаларды орындауды әлдеқайда жеңілдетеді. I-limb протездерінің негізгі ерекшеліктерінің бірі-бағдарламаланатын саусақ позицияларының жиынтығы. Дәрігерлер протездік қозғалыстарды пайдаланушылардың қажеттіліктеріне қарай реттей алады, бұлшықет импульстарына жауапты параметрлерін реттей алады және алдын ала белгіленген қозғалыстар жиынтығын өзгерте алады. Бағасы \$60 мыңнан \$120 мың долларды құрайды.

Алғашқы заманауи бионикалық протезді 2014 жылы АҚШ-тың DEKA ғылыми-зерттеу корпорациясы ұсынды. Ол протез DEKA Arm – 3 деп аталады. Электр аккумуляторынан немесе батареиден қуаттанады. Иық, шынтақ буындары мен білекке иілу мен бұрылуды қамтамасыз ететін он электр жетегінен, сондай-ақ ұстағыштардан (әр саусақта жетек бар), датчиктерден сигналдарды өңдеуге және электр жетектерінің жұмысын ұйымдастыруға арналған процессордан, кері байланыс датчиктерінен, миоэлектрлік датчиктерден тұрады.

Американдық Frost & Sullivan аналитикалық компаниясының мәліметтері бойынша, қазіргі заманғы жетілдірілген протездердің орташа бағасы 5 мың доллардан 50 мың долларға дейін өзгереді.

2010 жылы BeBionic Лейпцигтегі халықаралық протездеу және ортопедия конгресінде алғашқы сериялық протезді ұсынды. Ал бірінші кеңінен қол жетімді — Symbiotic Leg 2011 жылы Исландиялық Össur компаниясы шығарды. 2013 жылы ол модельді микропроцессорлық басқарумен толықтырды: протез енді иесінің жүрісіне бейімделеді.

SYMBIONIC LEG-бірінші және жалғыз толық бионикалық протез. Микропроцессорлық басқарылатын аяқтың және адаптивті тізе буынының кедейленуімен symbiotic LEG микропроцессоры пациентке теңдесі жоқ мүмкіндіктер береді. Аяқтың берілу кезеңінде саусақтардың белсенді көтерілуі сүріну қаупін азайтады, бұл жұптасқан жамбас ампутациясы бар науқастар үшін өте маңызды. Егер пациент сүрініп кетсе, онда арнайы функция құлаудың алдын алады және жедел қолдауды қамтамасыз етеді. Науқас қозғалатын аймақтың рельефіне автоматты түрде бейімделу функциясы көлбеу тіктігіне сәйкес тобықтың көтерілу бұрышын реттейді, бұл максималды көлбеу көтерілу немесе қозғалу кезінде тізенің оңтайлы қозғалысын қамтамасыз етеді. Өкшенің биіктігін реттеу функциясының көмегімен пайдаланушы аяқ киімді



оңай таңдай алады немесе протездің қол жетімді параметрлерін жоғалтусыз оны пайдалана алады.



1.7-сурет – SYMBIONIC LEG

Техастағы South by Southwest фестивалінде жапондық Explay компаниясы 3D басып шығару технологиясының механизмдерді құру процесін қалай арзандататынын көрсете отырып, протездеу дамуын ұсынды. Сонымен, ноу-хау әзірлеушілерінің мәліметтері бойынша, смартфонның бағдарламалық жасақтамасын қолдана отырып, бұлшықет сигналдарын өңдейтін бионикалық "қол" оны жасаушыларға шамамен 300 АҚШ долларын құрады.

Hindiii құрылғысы, басқа миоэлектрлік протездер сияқты, аяқ-қолдың бұлшық еттерінен пайда болатын сигналдарды қолданады. Әдетте, жасанды дене бөлігінің құны жөндеу шығындарын есептегенде мыңдаған долларды құрайды. Сонымен қатар, көптеген бионикалық протездер қымбат біріктірілген сигналдарды өңдеу жүйелерін пайдаланады. Hindiii өз кезегінде қарапайым смартфонның "миына" және серіктес Бағдарламалық жасақтамаға сүйенеді.

Әзірлеушілердің айтуынша, жоғарыда аталған Handiii құнына тек 3D принтерге арналған электроника мен жабдықтау шығындары кіреді. Дайын коммерциялық өнім 300 доллардан асады.



1.8-сурет – Жапондық Hindiii құрылғысы

Кливленд клиникасының (АҚШ) мамандары басқаратын халықаралық ғалымдар тобы оның жұмысын толығымен қалпына келтіре алатын" ақылды " бионикалық қол протезін жасады. Бұл адамдарға ампутациясыз, сау қолы бар адам сияқты ойлауға және өзін ұстауға мүмкіндік береді.

Бионикалық жүйе бірден үш функцияны біріктіреді: интуитивті моторды басқару, саусақтарды ашу және жабу сезімі және жанасу кинестезиясы. Нейромашиналық интерфейс адамның нервтерімен байланысады. Науқас бірдеңе алғысы немесе жасағысы келгенде, ол миынан протезге жүйке импульстарын жібереді және ол қажетті қозғалыстарды қайта жасайды. Протез бір нәрсеге тигеннен кейін жасанды сенсорлық рецепторлар іске қосылады және ол миға сигнал жібереді.

Жаңа технология бұрын ампутациядан өткен екі науқасқа сыналды. "Ақылды" протездің арқасында олардың ойлауы мен мінез — құлқы өзгерді-олар бионикалық қолды табиғи және интуитивті түрде қозғап, басқарды және заттарды жанасу арқылы таба алды.

Қозғалысты жоспарлау процесінде адамның жүйке жүйесі басқару сигналын қалыптастырады. Бұл сигнал орындалатын әрекет үшін арнайы жиілік пен амплитудалық кернеулер арқылы сипатталады. Шыққан сигнал бұлшықет топтарына келеді, бұлшықеттің жиырылуын басқаратын қозғалыс сигналы қалыптастырады.

## 2 Биопотенциалмен басқарылатын роботтандырылған құрылғыны жобалау

### 2.1 Оператордың экзоскелеттік құрылғымен өзара әрекеттесуінің математикалық моделін әзірлеу

Перцептивтер бұлшықеттің маңыздылығын анықтайды және оны өңдеу үшін контроллерге жібереді, онда сигналды қалыпқа келтіру және есептеу жүреді бірнеше этап бойынша сигналдың орташа квадраттық мәні (әдіс жылжымалы орташа мән) алынады. Алынған мән алгоритмге сәйкес контроллерде өңделеді – экзоскелет байланыстарының салыстырмалы қозғалысы заңы қалыптасады.

Контроллердің ендік импульсті модуляторы экзоскелет буындарының қозғалысының қажетті жылдамдығын қалыптастырады, электр қозғалтқыштарын басқару драйвері арқылы құрылғыларда тұрақты ток реттеледі. Алгоритмнің нәтижесіне байланысты сілтемелердің ағымдағы жағдайы тұрақтандырылады.

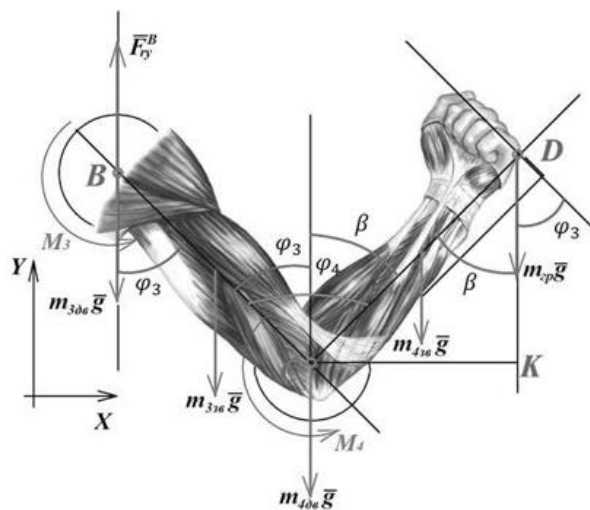
Сонымен бірге ағымда бақылау жүргізіледі бұрыштық кодердің көрсеткіштері және салыстырмалы қозғалыс жылдамдығы басқару жүйесі тарапынан және оператор тарапынан сілтемелер, жүйке жүйесі тактильді сезімдерді қабылдайды адам аяқ-қолдарының құрылымдық элементтермен өзара әрекеттесуі экзоскелет және ағымдағы әрекетті визуалды қабылдауды жүзеге асырады қозғалысты одан әрі жоспарлау үшін.

Сонымен қатар, экзоскелеттік жетектерді басқаруды қалыптастыратын контроллер үшін ақпараттық сигнал – бұл белсендіру деңгейі, бұл бұлшықеттің дамуы қажет күштің калибрлеу шарттары бойынша анықталған ағымдағы ұзындық пен жиырылу жылдамдығының параметрлерінде дамитын максималды күшке қатынасымен анықталатын шама. Төменде формула көрсетілген:

$$a(t) = \frac{F(t)}{F_{max}(l_p(t), V_p(t))} \quad (1)$$

Бұл жерде  $a(t)$  белсендіру деңгейі,  $F(t)$  күштердің қатынасы,  $l_p(t)$  ұзындық параметрлері,  $V_p(t)$  айналу жылдамдығы.

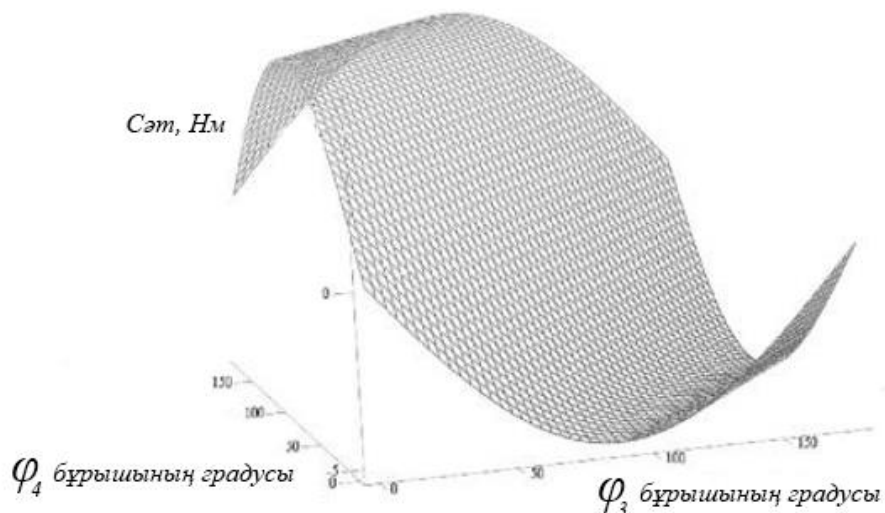
MathCAD жүйесінде белгілі ұзындықтар, экзоскелет бірліктерінің массалары, экзоскелет құрылғысының түйіндеріндегі қозғалтқыштардың массалары, бұрыштары және ауырлық күшінің үдеуі кезінде статикалық есепті модельдеу жүргізілді.



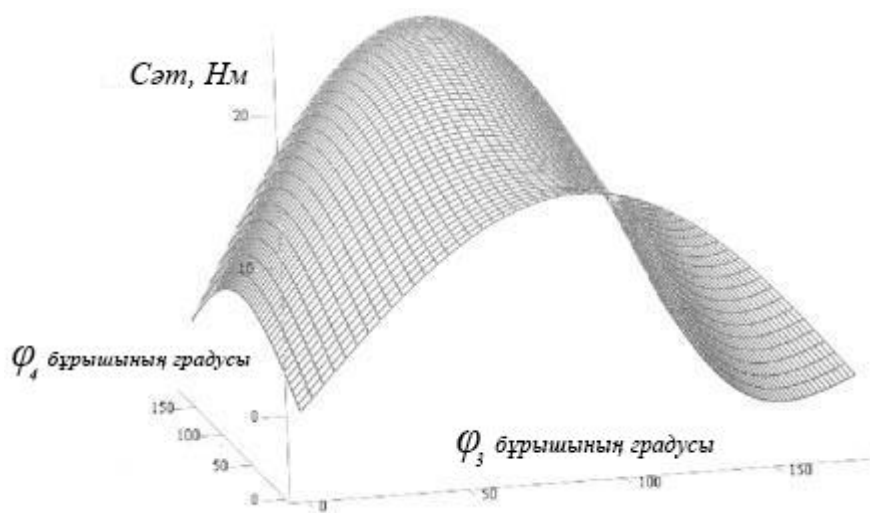
2.1-сурет – Екі сілтемеден тұратын жүйе

$M_3$  және  $M_4$  моменттерін табу үшін тепе теңдік тендеулер жүйесі жасалды:

$$\begin{cases} M_3 = gl_3 \sin(\gamma_3) \left( m_{406} + \frac{m_{336}}{2} \right) + gl_4 \sin(\beta) \left( m_{cp} + \frac{m_{436}}{2} \right), \\ M_4 = gl_4 \sin(\beta) \left( m_{cp} + \frac{m_{436}}{2} \right), \\ \beta = \gamma_4 - \gamma_3 \end{cases} \quad (2)$$



2.2-сурет –  $M_3$  иық буынында даму моменті



2.3-сурет –  $M_4$  иық буынында даму моменті

Бұлшықеттің максималды күшін анықтаудың ұсынылған әдісінің мәні мынада: экзоскелет биопотенциал датчигінен басқаруды қабылдамауы керек, ал оператордың құрылымдық элементтерге күштік әсері басқару жүйесі сыртқы бұзылыс ретінде қабылданады. Мұндай жұмыс режимін экзоскелет дизайнында тежегіш жүйелерді немесе өздігінен тежегіш берілістерді қолдану арқылы ұйымдастыруға болады. Оператор экзоскелет буындарының орнын өзгерту үшін бұлшықет тобымен серпіліс жасауы керек. Тұтқада орналасқан күш сенсоры максималды мәнді бекітеді, ал позиция сенсорлары жалпыланған координаттардың ағымдағы мәндерін бекітеді.

Дерекқорға енгізілген максималды күш параметрін бұлшықеттің белсендіру деңгейін есептеу үшін одан әрі пайдалануға болады. Қозғалысқа күш салу, бұлшықеттерді қатайту арқылы оператор бұлшықет қозғалысына сәйкес келетін биопотенциалды сигнал күшінің белгілі бір деңгейін орнатады және басқару жүйесі бұл деңгейді мүмкіндігінше байланыстырады, осылайша оператор дамытқысы келетін қажетті күштің мәнін анықтайды.

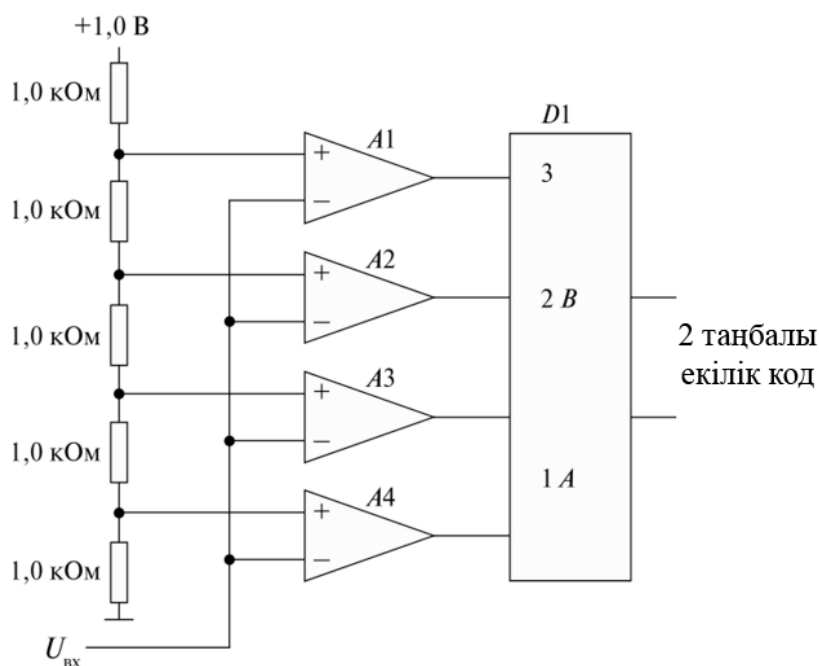
Осылайша, басқару жүйесінің жұмысына қажетті параметрлерді анықтаудың әзірленген әдісі оператордың физиологиялық ерекшеліктерін ескеруге мүмкіндік береді. Бұл әдісті операторды бағдарламалау кезінде басқару жүйесін конфигурациялау кезінде қолдануға болады.

## 2.2 Аналогты-сандық түрлендіргіш

Аналогты-сандық түрлендіргіш немесе ADC — кіріс аналогтық сигналды дискретті сандық кодқа түрлендіретін құрылғы. Әдетте, ADC-кернеуді екілік сандық кодқа түрлендіретін электрондық құрылғы. Дегенмен, сандық шығысы бар кейбір электронды емес құрылғыларды ADC-ге жатқызуға болады, мысалы,

бұрыш-код түрлендіргіштерінің кейбір түрлері. Ең қарапайым бір разрядты екілік ADC-бұл компаратор.

ADC көптеген сипаттамаларға ие, олардың негізгілерін түрлендіру жиілігі мен бит деп атауға болады. Түрлендіру жиілігі әдетте секундына санау арқылы көрсетіледі (samples per second, SPS), бит – биттерде. Қазіргі ADC биттері 24 битке дейін және GPS бірліктеріне дейін түрлендіру жылдамдығына ие болуы мүмкін (әрине, бір уақытта емес). Жылдамдық пен бит неғұрлым жоғары болса, қажетті өнімділікті алу соғұрлым қиын болады, түрлендіргіш соғұрлым қымбат және күрделі болады. Түрлендіру жылдамдығы мен бит жылдамдығы бір-бірімен белгілі бір жолмен байланысты және біз жылдамдықты құрбан ету арқылы тиімді түрлендіру биттерін арттыра аламыз.



2.4-сурет – Қарапайым аналогты-сандық түрлендіргіштің схемасы

### 2.3 Роботтандырылған құрылғының сұлбасы

Роботты бионикалық қолды дамыту егжей-тегжейге назар аударуды және инженерлік шешімдерді қажет ететін күрделі тапсырма болып табылады. Біздің жобамыз әр саусақ үшін 5 моторды және білек пен шынтақ бұлшық еті үшін 2 серво жетекті пайдаланамыз. Arduino Uno - қарапайым жарықдиодты шамдардан бастап, күрделі автоматтандыру және робототехника құрылғыларына дейін әртүрлі жобаларды жасауға мүмкіндік беретін оңай және икемді платформа. Бұл электроника мен бағдарламалауды үйренгісі келетін студенттер үшін тамаша таңдау.

Модельдеуді жасау үшін біз жобадағы басты компонент Arduino Uno тақтасын болып табылады. Arduino Uno - электроника және бағдарламалау

саласындағы прототиптеу және жобаларды әзірлеу үшін ең танымал платформалардың бірі. Бұл ATmega328 микроконтроллеріне негізделген ашық жүйе.

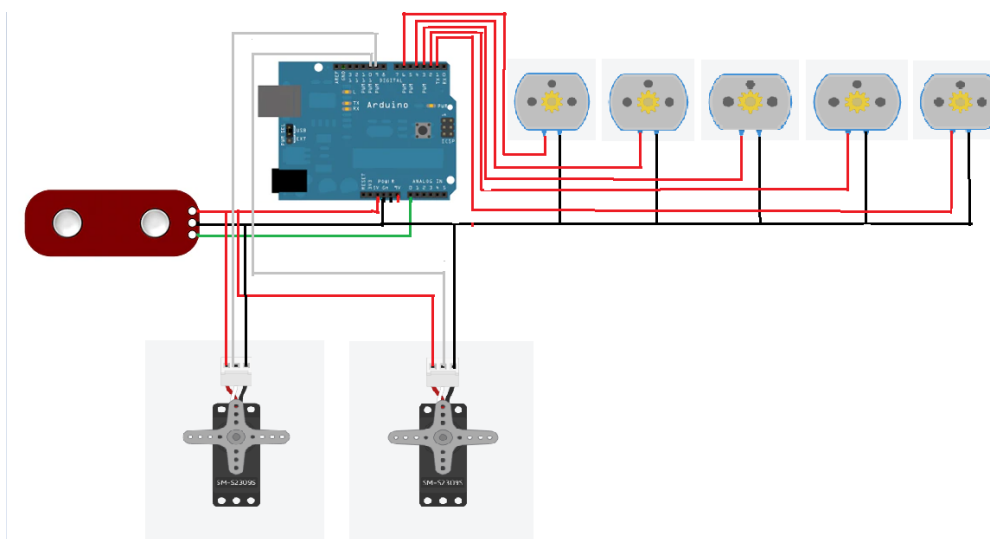
Саусақ қозғалтқыштары: біздің роботты бионикалық қолымызға әр саусақ қозғалысы мен бүгілуін қамтамасыз ететін қозғалтқышпен жабдықталған. Әрбір қозғалтқыш жеке саусақты басқарады және оны әртүрлі иілу бұрыштары үшін реттейді болады.

Серво жетектеріміз: білек және шынтақ бұлшық еттерінің иммитациясын көрсетеді. Адамның білегі мен шындағы секілді 90 градусқа айналады. Серво қозғалыстың кең ауқымын қамтамасыз етеді және қол мен шынтақтың орналасуы мен бағытын басқаруға мүмкіндік береді.

Сенсор: Mio сенсоры (Myoelectric interface for Orthopedic Rehabilitation) - бұлшықеттердің электрлік белсенділігін оқу үшін қолданылатын электромиографиялық сенсор. Ол ортопедиялық оңалтуда және бионикалық протездерді немесе бұлшықет сигналдарына негізделген басқа механикалық құрылғыларды басқаруда қолдануға арналған.

Бағдарламалау: Arduino Uno C/C++ тілідерінде бағдарламалауды қолдайды. Arduino IDE (интеграцияланған даму ортасы) көмегімен сіз кодты оңай жаза аласыз, оны тақтаға жүктей аласыз және сенсорлардан оқу, моторларды басқару және т. б. сияқты әртүрлі әрекеттерді орындай аласыз.

Төменде Tinkercad бағдарламасында роботты модельдеу жұмысын жасадық. Tinkercad - бұл 3D модельдеуге және виртуалды прототиптер жасауға арналған онлайн платформа. Біз Tinkercad көмегімен роботты бионикалық қолдың визуалды модельдерін, соның ішінде компоненттерді, оларды орналастыруды және қосылыстарды жасай аласыз. Бұл физикалық іске асырар алдында қолдың дизайнын визуализациялауға және тексеруге мүмкіндік береді. Tinkercad бағдарламасында алдымен Arduino Uno, DC-DC моторларын, Mio сенсорды және серво жетектерді тақтасын таңдап аламыз.

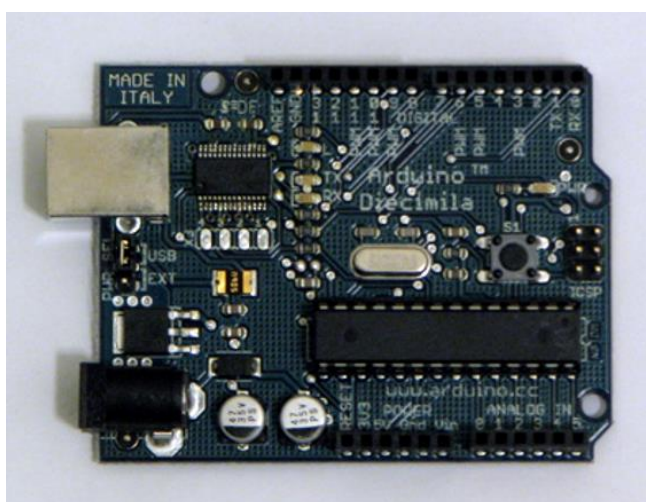


2.3-сурет – Құрылғының жалғану сұлбасы

### 3 Қажетті модульдер, оларға сипаттама

#### 3.1 Ардуино

Arduino – бұл компьютерге USB арқылы қосылуға болатын электронды блок-тақталар желісі, ал периферия ретінде жарықдиодты шамдардан бастап радио басқарылатын модельдер мен роботтар механизмдеріне дейінгі кез-келген құрылғылар. Оған арналған бағдарламалар қарапайым және интуитивті wiring тіліне ұқсас (C/C++-да үшінші тарап кітапханаларын қосу мүмкіндігі бар, мысалы, LCD дисплейлерін немесе қозғалтқыштарын басқару үшін) жазылады, құрастырылады және құрылғыға бір түймемен жүктеледі, содан кейін сіз бірден жұмыс істейтін дербес гаджетті аласыз.



3.1-сурет – Роботтың кедергі көруінің принципі (блок-схема)

Arduino Diecimila - ядросы atmega168 микроконтроллері болып табылатын шағын электронды тақта (бұдан әрі жай тақта). Тақтада: 14 сандық кіріс/шығыс, оның 6-ы PWM (PWM) режимінде жұмыс істей алады (демек, қозғалтқыштар сияқты аналогтық құрылғыларды басқарады және екілік деректерді жібереді), 6 аналогтық кіріс (бастапқы ақпарат логикалық 0/1 емес, кернеу мәні), 16 МГц сағат генераторы, қуат қосқыштары және USB, ICSP порты (сандық құрылғыларға арналған сериялық интерфейс сияқты), бірнеше басқару жарықдиодты және қалпына келтіру түймесі. Бұлшықет сенсоры-бұлшықет жиырылуының электромиограммасын оқуға мүмкіндік беретін құрал. Жұмыс (жиырылу) процесінде бұлшықетте қайта бөлу жүреді.

#### 3.2 Мио датчик

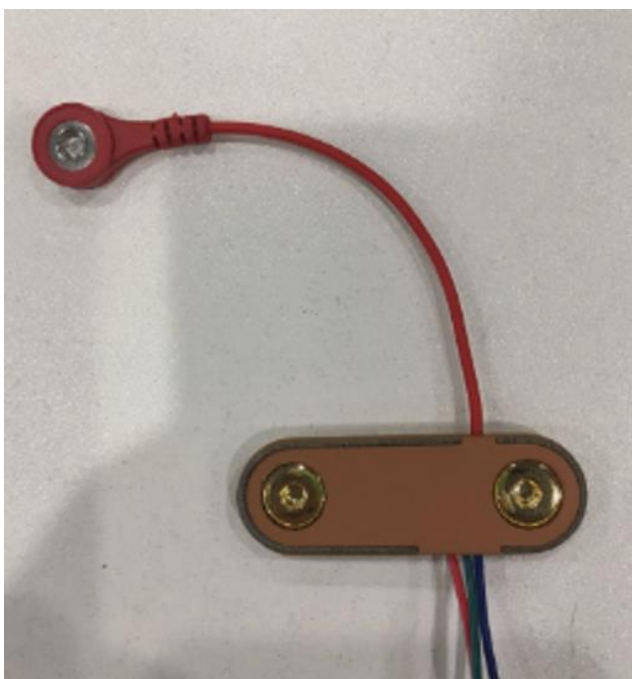
Myo-V1.4 модулі электромиограмманы (ЭМГ) және электрокардиограмманы (ЭКГ) тіркеуге арналған. Модульде кіріктірілген



сигналды күшейту және сүзу жүйесі бар. Шешілетін тапсырма шеңберінде сенсор үшін ең оңтайлы параметрлерді орнатуға мүмкіндік беретін реттелетін күшейткішпен жабдықталған.

Модульде сыртқы құрылғыларға сигналды тіркеу және жіберу үшін қажет нәрсенің бәрі бар:

- Arduino отбасының микроконтроллерлеріне оңай қосылады;
- Модульмен өзара әрекеттесуге және сигналдарды визуализациялауға арналған бағдарламалық жасақтама (Python, Matlab);
- Бұлшықет пен жүрек соғуынан пайда болатын жоғары сапалы сигнал алуға мүмкіндік береді;
- Сигналды күшейту коэффициентін бағдарламалық реттеу қарастырылған.

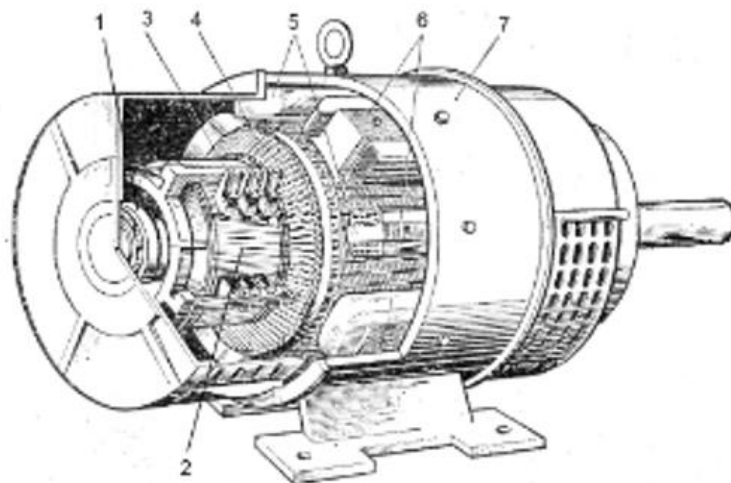


3.2-сурет – Датчик сұлбасы

### 3.3 Шағын тұрақты ток қозғалтқышы

Тұрақты ток қозғалтқыштары тұрақты ток энергиясын механикалық жұмысқа айналдыруға арналған. Тұрақты ток қозғалтқыштары айнымалы ток қозғалтқыштарына қарағанда әлдеқайда аз. Бұл, ең алдымен, салыстырмалы қымбаттыққа, күрделі құрылғыға, қуат берудегі қиындықтарға байланысты. Бірақ, барлық осы кемшіліктерге қарамастан, ДВТ көптеген артықшылықтарға ие. Мысалы, айнымалы ток қозғалтқыштарын реттеу қиын, ДРТ көптеген әдістермен жақсы реттеледі. Сонымен қатар, ДВТ механикалық сипаттамаларға ие және үлкен іске қосу моментін қамтамасыз етеді.

Тұрақты ток электр қозғалтқыштары тарту қозғалтқыштары ретінде, электр көлігінде, әртүрлі атқарушы құрылғылар ретінде қолданылады.



3.3-сурет – Тұрақты ток қозғалтқыштарының құрылғысы

Тұрақты ток қозғалтқышының дизайны айнымалы ток қозғалтқышына ұқсас, бірақ әлі де айтарлықтай айырмашылықтар бар. Болаттан жасалған 7 төсекте 6 катушкалар түріндегі қоздыру орамасы орнатылған. Негізгі полюстер арасында ДВТ қасиеттерін жақсарту үшін қосымша 5 полюстер орнатылуы мүмкін. Ішінде 4 якорь орнатылады, ол өзек пен 2 коллектордан тұрады және қозғалтқыш корпусына 1 мойынтіректермен орнатылады. Коллектор айнымалы ток қозғалтқыштарынан айтарлықтай айырмашылық болып табылады. Ол 3 щеткаларымен қосылады, бұл генераторларға немесе генераторларға, керісінше, якорь тізбегінен кернеуді алып тастауға мүмкіндік береді.

### 3.4 Сервожетек

Сервожетек – бұл қозғалтқышы бар механизм, оның жұмысы теріс кері байланысқа негізделген, бұл қажетті параметрлерді орнату арқылы қозғалыстарды дәл басқаруға мүмкіндік береді. Негізінде, бұл сенсор (позициялар, жылдамдықтар, күштер және т.б.) және сенсорда және бүкіл құрылғыда берілген көрсеткіштерді автоматты түрде сақтайтын басқару блогы бар механикалық жетектің кез келген түрі.

Заманауи серво құрылғысы өте қарапайым және сонымен бірге тиімді, өйткені бұл олардың жұмысын дәл реттеуге жағдай жасайды. Дизайн мыналарды қамтиды:

Жетек – бұл редукторы бар электр қозғалтқышы немесе пневматикалық цилиндр болуы мүмкін. Қозғалтқыштың айналу жылдамдығын жұмыста қажет

мәндерге дейін азайту үшін редуктор қажет. Редуктордың шығыс білігіне қажетті жүктеме қосылады: тербелмелі, айналмалы білік, тарту немесе итеру құрылғылары.

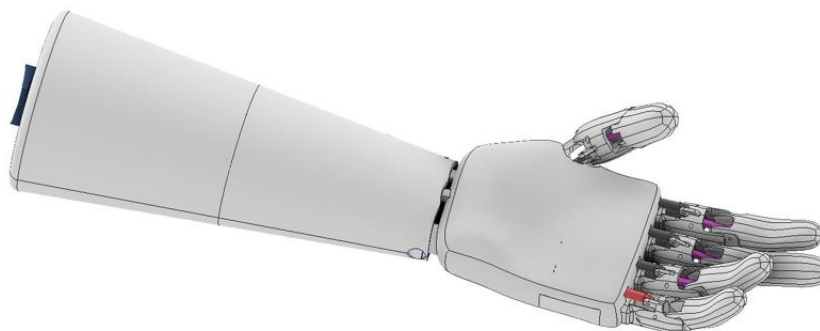
Кері байланыс сенсоры. Ол шығыс білігінің айналу бұрышының сенсоры (кодер) немесе потенциометр болып табылады. Функция-айналу бұрышын электр сигналына түрлендіру.

Қуат және басқару блогы (серво күшейткіш, жиілік түрлендіргіші, инвертор). Бұл элемент басқару импульстарын қабылдайды және талдайды, оларды сенсордың көрсеткіштерімен салыстырады, қозғалтқышты іске қосуға және тоқтатуға жауап береді. Басқару блогының құрамына түрлендіргіш (басқару сигналы немесе әсер ету сенсоры) кіруі мүмкін.

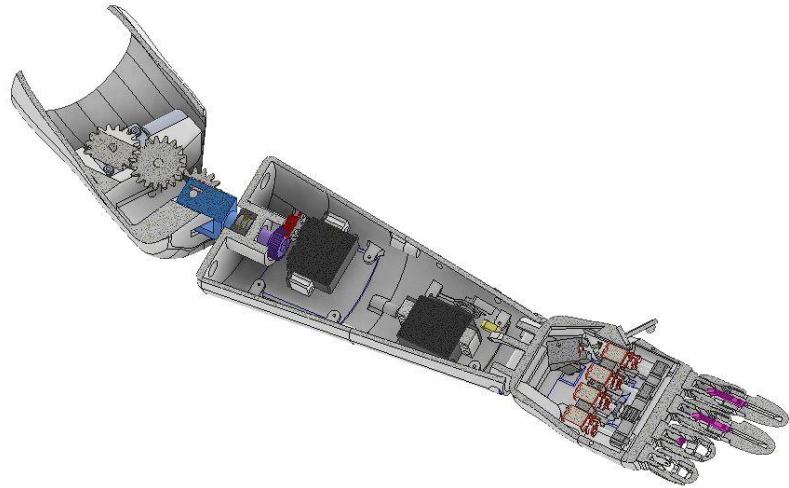
Серво жұмысының принципі импульстік сигналды қолдануға дейін азаяды, ол үш параметр бойынша өзгереді – қайталау жиілігі, минималды және максималды ұзақтығы. Бұл қозғалтқыштың айналу бұрышын белгілейтін импульстің ұзақтығы. Сервоға келетін сигналдардың стандартты жиілігі бар және олардың ұзақтығы 0,8-ден 2,2 мс-ге дейін болуы мүмкін (модельге байланысты). Басқару импульсін алумен қатар, кері байланыс сенсорымен байланысты тірек импульс генераторының жұмысы басталады. Бұл өз кезегінде Шығыс білігіне механикалық түрде қосылады және оның орнын өзгертуге жауап береді. Электрондық блок импульстарды ұзақтығы бойынша талдайды және алынған шамалар негізінде біліктің сырттан берілген орны мен нақты (өлшенген сенсор) арасындағы айырмашылықты анықтайды. Осыны ескере отырып, қозғалтқыштың қуатына кернеу беру арқылы жұмыс түзетіледі.

### 3.5 SolidWorks бағдарламасында 3д модельді жобалау

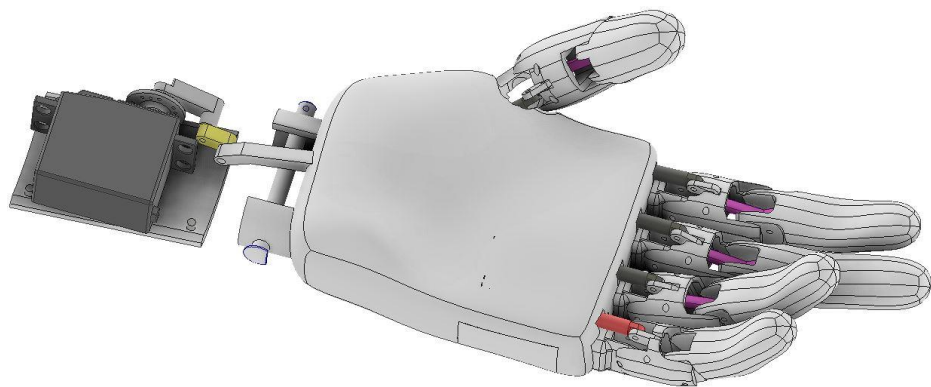
SolidWorks (солидворкс, ағылш. қатты-қатты және ағылш. works-жұмыс) – өндірісті конструкторлық және технологиялық дайындау кезеңдерінде өнеркәсіптік кәсіпорынның жұмысын автоматтандыруға арналған АЖЖ бағдарламалық кешені. Кез-келген күрделілік пен мақсаттағы өнімдердің дамуын қамтамасыз етеді.



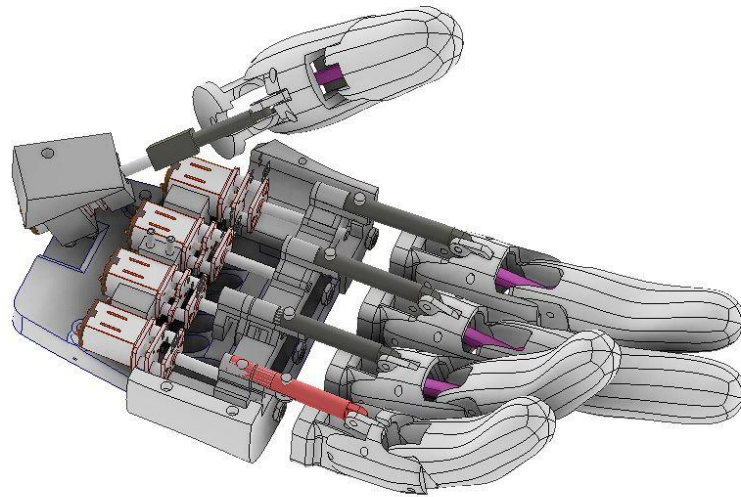
3.4-сурет – Solidworks бағдарламасында сызылған 3Д моделі



3.5-сурет – Қолдың ішкі көрінісі



3.4-сурет – Білектің көрінісі



3.5-сурет – Қолдың ішкі жетектерінің көрінісі

## ҚОРЫТЫНДЫ

Осы дипломдық жоба аясында мехатрондық есептерді биоэлектрлік басқару зерттелді және талданды. Жұмыстың мақсаты мехатроникалық сезімдерді басқару үшін биоэлектрлік сигналдарды қолдану мүмкіндіктерін зерттеу және бағалау болды.

Зерттеу электромиография (ЭМГ) және электроэнцефалография (ЭЭГ) сияқты биоэлектрлік сигналдардың негізгі аспектілерін қарастырды. Арнайы датчиктер мен сигналдарды өңдеу алгоритмдерін қолдана отырып, осы сигналдарды оқу және өңдеу әдістері мен технологиялары бойынша зерттеулер жүргізілді.

Мехатрондық жүйелердің әртүрлі түрлері, соның ішінде Роботтар, протездер және экзоскелеттер қарастырылды. Мехатроникалық мәселелерді басқаруды қолдану жағдайлары қарастырылды, мысалы, қажеттілікті, тәуелділікті және жылдамдықты басқару.

Алынған білім негізінде мехатроникалық есептер үшін биоэлектрлік басқару мүмкіндіктеріне талдау жасалды. Осы құқықтың артықшылықтары мен шектеулері анықталды. Биоэлектрлік басқару Мехатрондық функцияларды табиғи және қажетті басқаруды жүзеге асыру қажет болған жағдайда тиімді болуы мүмкін екендігі атап өтілді.

Қорытындылай келе, жүргізілген зерттеу негізінде биоэлектрлік басқару мехатроника саласындағы инновациялық шешімдерді әзірлеуді елестете алатын перспективалы зерттеу саласы болып табылады деген қорытынды жасауға болады. Алайда, бұл іске асыруды практикалық зерттеу үшін биоэлектрлік сигналдарды өңдеудің тиімді алгоритмдерін әзірлеу, сондай-ақ осы сигналдарды сенімді және дәл оқуды қамтамасыз ететін құрылғыларды әзірлеу қажет.

Осылайша, мехатроникалық тапсырмаларды биоэлектрлік басқаруды одан әрі дамыту және зерттеу адамдардың өмір сүру сапасын жақсартуға қабілетті жаңа технологиялар мен жүйелерді құруға әлеуетке ие, сонымен қатар медицина, робототехника және өнеркәсіпті қоса алғанда, әртүрлі салаларды қамтиды.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

[1] Дашевский И. Н., Князьков М. М., Суханов А. Н., Разработка алгоритмов управления полуавтоматическим ортезом, Мехатроника, автоматизация, управление, 2017. № 4, бет 233–238.

[2] Градецкий В.Г., Ермолов И.Л., Князьков М.М., Семёнов Е.А., Суханов А.Н., Применение разгрузочных элементов в конструкции робота-экзоскелета, Мехатроника, автоматизация, управление, 2012. № 11, бет 20-23.

[3] Градецкий В.Г., Ермолов И.Л., Князьков М.М., Семёнов Е.А., Суханов А.Н., Кинематическая модель экзоскелета руки человека и определение ошибки позиционирования, Мехатроника, автоматизация, управление. 2014. № 5, бет 37-41.

[4] Ермолов И.Л., Князьков М.М., Суханов А.Н., Крюкова А.А., Разработка активного модуля экзоскелетного устройства верхних конечностей человека с биоуправлением, Известия ЮФУ. Технические науки, №10(171) за октябрь 2015г, бет 228-241.

[5] Электрондық ресурс, URL: [https://powerlisting.fandom.com/wiki/Bio-Electricity\\_Manipulation](https://powerlisting.fandom.com/wiki/Bio-Electricity_Manipulation)

[6] Электрондық ресурс, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667017701413>

[7] Электрондық ресурс, URL: <https://www.webmd.com/pain-management/guide/bioelectric-therapy>

[8] Электрондық ресурс, URL: [http://www.almazovcentre.ru/?page\\_id=12340](http://www.almazovcentre.ru/?page_id=12340)

[9] Электрондық ресурс, URL: <https://luxmedprotez.com/ru/sovremennyye-protezy-ruki/>

[10] Электрондық ресурс, URL: <https://vils.ru/articles/protezy-ruk-vidy-i-perspektivy-razvitiya/>

[11] Электрондық ресурс, URL: <https://motorica.org/prosthetics/upper-limb/indy-hand>

[12] Электрондық ресурс, URL: <https://theoryandpractice.ru/posts/2353-kak-rabotayut-bionicheskie-konechnosti>

[13] Электрондық ресурс, URL: [https://elemyo.com/podderjka/info\\_ispolzovanie/miogramma\\_obschee](https://elemyo.com/podderjka/info_ispolzovanie/miogramma_obschee)

[14] Электрондық ресурс, URL: <https://wear-gadget.ru/posts/2178016>

[15] Электрондық ресурс, URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnaya-sistema-obratnoi-svyazi-v-mioelektricheskikh-protezhah-verhnih-konechnostei>

[16] Электрондық ресурс, URL: <https://habr.com/ru/post/394579/>