ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Коммерциялық емес акционерлік қоғамы
«Ғ. Дәукеев атындағы АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
Электроника және робот техникасы кафедрасы

«ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ»
Кафедра меңгерушісі
к.т.н., доцент Чигамбаев Т.О.
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____«____»_____2020 ж.
(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: Адам қимылын реттеуші экзоскелет конструкциясын тиімді жобалау

Мамандығы 5В071600 – Аспап жасау
Орындаған Мақсұтхан Нұрсултан Мақсұтханұлы Тобы ПСк-16-1
(Т.А.Ж.)
Ғылыми жетекшісі доктор PhD, доцент Жауыт Әлғазы
(ғылыми дәрежесі,атағы, Т.А.Ж.)
Кеңесшілер:
экономикалық бөлім бойынша:
доцент АУЭС Боканова Г.Ш.
(ғылыми дәрежесі,атағы, Т.А.Ж.)
_____«____»_____2020 ж.
(қолы)
өміртіршілігі қауіпсіздігі бойынша:
к.т.н., доцент Абикенова А.А.
(ғылыми дәрежесі,атағы, Т.А.Ж.)
_____«____» _____2020 ж.
(қолы)
есептеу техникасын қолдану бойынша:
доктор PhD, доцент Жауыт Әлғазы
(ғылыми дәрежесі,атағы, Т.А.Ж.)
_____«____» _____2020 ж.
(қолы)
Нормобақылаушы: магистр, аға оқытушы Нұрғизат Е.С.
(ғылыми дәрежесі,атағы, Т.А.Ж.)
_____«11»_____06_____2020 ж.
(қолы)
Пікір беруші: к.т.н., ассоциацияланған профессор Утебаев Р.М.
(ғылыми дәрежесі,атағы, Т.А.Ж.)
_____«____» _____2020 ж.
(қолы)

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Коммерциялық емес акционерлік қоғамы
«Ғ. Дәукеев атындағы АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
Ғарыштық инженерия және
телекоммуникация институты факультеті

Электроника және робот техникасы
кафедрасы

Мамандығы 5В071600 – Аспап жасау

Дипломдық жобаны орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Мақсұтхан Нұрсултан Мақсұтханұлы
(Т.А.Ж.)
Жобаның тақырыбы: Адам қимылын реттеуші экзоскелет
конструкциясын тиімді жобалау

2020 ж. «___»_____ №_____ университет бұйрығымен бекітілді.
Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі «_____»_____2020 ж.

Жобаға алғашқы деректер (талап етілетін зерттеу (жоба) нәтижелерінің параметрлері және зерттеу нысанының алғашқы деректері):
1 Экзоскелет классификациясы
2 Биомеханикалық қалпына келтіру құрылғысы
3 Arduino UNO платасы

Диплом жобасындағы әзірленуі тиіс мәселелер тізімі немесе диплом жобасының қысқаша мазмұны:
1 Экзоскелет туралы түсінік
2 Конструкторлық бөлім
3 Бағдарламамен қамтамасыз ету бөлімі
4 Өмір тіршілік қауіпсіздік бөлімі
5 Техникалық-экономикалық есептеу бөлімі

Графикалық материалдардың (міндетті түрде дайындалатын сызбаларды көрсету) тізімі:

1 Детальдардың сұлбалары
2 Платада орналасу сұлбасы
3 Механизм түрлері
4 Жалпы көрінісі
5 Талдау нәтижелері
6 Басқару жүйесі

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер:

1 Гришин А.А., Герасименко Ю.П., Мошонкина Т.Р., Павловский В.Е., Платонов А.К., Сербенюк Н.С. Биомехатроника и лечебно- исследовательские тренажеры. Концептуальные и медико-биологические основы. Мехатроника, автоматизация, управление. 2012. № 12. С. 37-45.

2 Роботизированная локомоторная терапия в реабилитации пациентов с поражением нервной системы — от научных теорий в клиническую практику / Кузнецов А.Н., Даминов В.Д., Рыбалко Н.В., Канкулова Е.А.// Вестник восстановительной медицины. - 2011.- С.36-39

3 Роль лечебной физической культуры в реабилитации больных с заболеваниями опорно-двигательного аппарата/ Воронянская Л.К., Галкин Л.Г., Евсютина В.Б. //Журнал Физическое воспитание студентов, №3, 2009 . С.3-5..

4 Рубенович Е.М., Формальский А.М. Антропоморфный механизм с управляемыми стопами при импульсных воздействиях. В сб.Исследование робототехнических систем. 1982, с.181.

5 Формальский А.М. Перемещение антропоморфных механизмов. М., Наука, 1982. 368 с.

Жоба бойынша жобаның бөлімдеріне қатысты белгіленген кеңесшілер

Бөлімдері	Кеңесшілері	Мерзімі	Қолы
Өмір тіршілік қауіпсіздік бөлімі	Доц. Абикенова А.А.	01.04-18.04.2020 ж.	
Техникалық-экономикалық есептеу бөлімі	Доц. Боканова Г.Ш.	12.04-23.04.2020 ж.	

Диплом жобасын дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелердің тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1 Экзоскелет туралы түсінік	01.03.2020 ж.	
2 Экзоскелет басқару жүйесін жинау	07.03.2020 ж.	
3 Экзоскелет басқару жүйесін бағдарламамен қамтамасыз ету	23.03.2020 ж.	
4 Өмір тіршілік қауіпсіздік бөлімі	18.04.2020 ж.	
5 Техникалық-экономикалық есептеу бөлімі	23.04.2020 ж.	

Тапсырманың берілген уақыты «___»_____2020 ж.

Кафедра меңгерушісі _____(_____Чигамбаев Т.О._____)
(қолы) (Т.А.Ж.)

Жобаның
ғылыми жетекшісі _____(_____Жауыт Ә._____)
(қолы) (Ф.И.О.)

Орындалатын тапсырманы
қабылдаған студент _____ (_____Мақсұтхан Н.М._____)
(қолы) (Ф.И.О.)

Аңдатпа

Бұл дипломдық жобада алға қойылған негізгі мақсат – оқу кезеңінде алынған теориялық білімдерді бекіту және жобаларды әзірлеудегі практикалық дағдыларды игеру.

Дипломдық жоба аннотациядан, мазмұны кестесінен, кіріспеден, бес бөлімнен, қорытынды мен әдебиеттер тізімінен тұрады.

Бірінші бөлімде экзоскелеттің сипаттамасы, классификациясы және жобаның негіздемесі келтірілген.

Екінші бөлімде экзоскелетті басқару жүйесінің сұлбасы көрсетілген.

Үшінші бөлімде бағдарламамен қамтамасыз етуі ұсынылған.

Төртінші бөлімде жұмысшылардың еңбек жағдайы талқыланған. Апаттық жағдайдан адамдарды эвакуациялау жолдары қарастырылған.

Бесінші бөлімде жобаны жасауға кеткен негізгі және үстеме шығындар есептелді.

Аннотация

Основная цель данного дипломного проекта - закрепить теоретические знания, полученные в течение учебного периода, и приобрести практические навыки в разработке проектов.

Дипломный проект состоит из аннотации, оглавления, введения, пяти глав, заключения и списка литературы.

Первая глава описывает классификацию экзоскелета и обоснование проекта.

Во второй главе приведена схема системы управления экзоскелетом.

В третьей главе представлено программное обеспечение.

В четвертой главе рассматриваются условия труда работников. Предусмотрены способы эвакуации людей из чрезвычайной ситуации.

В пятой главе рассчитаны основные и накладные расходы по проекту.

Annotation

The main goal of this diploma project is to consolidate the theoretical knowledge gained during the study period and acquire practical skills in project development.

The graduation project consists of an abstract, table of contents, introduction, five chapters, conclusion and list of references.

The first chapter describes the classification of the exoskeleton and the rationale for the project.

The second chapter provides an exoskeleton control system diagram.

The third chapter introduces the software.

The fourth chapter discusses the working conditions of workers. There are ways to evacuate people from an emergency.

In the fifth chapter, the basic and overhead costs of the project are calculated

Мазмұны

Кіріспе 7
1 Аналитикалық бөлім 8
1.1 Экзоскелет туралы түсінік 8
1.2 Экзоскелет классификациясы 8
1.3 Биомеханикалық қалпына келтіру құрылғысының жетегі және оның жіктелуі 10
1.3.1 Электр жетектерінің классификациясы 11
1.3.2 Пневмо жетектердің классификациясы 14
1.4 Экзоскелет түрлері 15
2 Конструкторлық бөлім 23
2.1 Бұлшықеттің биомеханикалық есебі 23
2.2 Экзоскелетті құрастыруға қажетті компонентттер 26
2.2.1 Экзоскелеттің рамасы 27
2.2.2 Қажетті пневмоцилиндрлер 27
2.2.3 Ардуино 28
2.2.4 Жүрек соғу сенсоры, ЭКГ, AD8232 29
2.2.5 Сервожетек 31
2.3 Экзоскелетті құрастыруға қажетті компонентттер 32
3 Бағдарламамен қамтамасыз ету 34
3.1 Arduino IDE ортасы 34
3.2 Құрылғыны бағдарламалау 34
4 Өмір тіршілік қауіпсіздік бөлімі 36
4.1 Құқықтық нормалар 36
4.1.1 Баспалдақтар мен баспалдақ торлары арқылы эвакуациялау талаптары 37
4.1.2 Лифттер мен лифтердің шахталарына талаптар 38
4.2 Төтенше жағдай кезінде адамдарды эвакуациялау 39
4.3 Эвакуация уақытын есептеу 40
5 Экономикалық есептеу бөлімі 46
5.1 Жобаның сипаттамасы мен қажеттілігінің негіздемесі 46
5.2 Экзоскелетті есептеу мен құрастыруға кететін шығындарды анықтау 46
5.3 Экзоскелетті есептеу мен құрастырудың еңбек сыйымдылығы мен ұзақтығын есептеу 47
5.4 Есептеу мен құрастыруға кеткен қызметкерлердің төлемақысын есептеу 48
5.5 Әлеуметтік аударым есебі 49
5.6 Материалдарға кеткен шығын көлемін есептеу 50
5.7 Амортизациялық аударымдар 51
5.8 Жобаның болжамдалған құнын есептеу 52
Қорытынды 54

Әдебиеттер тізімі 55

Кіріспе

Қазіргі заманғы технологиялар адамдардың өміріне мықтап еніп келеді және жыл сайын олардың ұстанымда күннен-күнге нығая түсуде. Көптеген адамдар үшін олар өмірдің ажырамас бөлігіне айналды. Бұл жаман деп айту процестің тек бір жағын қарастыруды білдіреді, өйткені жаңа технологиялардың жағымсыз жақтарына қарағанда жағымды жақтары көп.

Сымсыз желілер, байланыс, күрделі бағдарламалар, импульстер және басқа да өнертабыстар әрдайым тек адам өзін жақсы сезініп, оның жұмысы барынша жеңілдетіліп, өмірі жақсаруы үшін жасалады.

Жұмыстың өзектілігі: адамның физикалық қабілеттері өте шектеулі. Ересек адам көбінесе өзінің салмағын көтере алмайды. Құрылыста, жүк тасымалында, тау-кен өндірісінде адамдар ауыр заттарды жылжыту қажет болады. Қазіргі уақытта бұл үшін крандар, домкраттар, түрлі механизмдер, рычагтар және т.б. қолданылады. Бірақ қазір бұл ауыр жұмыстың барлығын қарапайым адамға экзоскелет кию арқылы жеңілдетсек болады. Осы құрылғының көмегімен біз адамның күшін, жылдамдығы мен төзімділігін бірнеше есе арттыра аламыз. Мүмкіндігі шектеулі адамдардың экзоскелетті кию арқылы қаншалықты өмір сүруге деген үмітін арттыру жағдайын елестету қиын емес.

Жұмыстың мақсаты: сыртқы жақтау мен жетекші бөліктердің арқасында адам бұлшықеттерінің күшін арттыру және қозғалыстардың амплитудасын кеңейту.

Экзоскелет қозғалыс кезінде күшті пропорционалды түрде арттыру үшін адамның биомеханикасын қайталайды.

Негізгі мәселелері: мединицида, өндірістік жұмыстарда, қарулы күштерде жұмыс атқаратын адамдардың қозғалысын жеңілдету.

Осы мақсатта “Экзоскелет” басқару жүйесін жасап шығарамын.

1 Аналитикалық бөлім

1.1 Экзоскелет туралы түсінік

Экзоскелеттерді қолданудың басқа мүмкіндігі жарақат алған адамдарға және мүгедектігі бар адамдарға, өз жасына байланысты тірек-қимыл қиындығы бар қарт адамдарға көмек көрсету болып табылады.

Экзоскелеттердің жекелеген модельдері қираған ғимараттардың үйінділерін бөлшектеу кезінде құтқарушыларға айтарлықтай көмек көрсете алады. Сонымен қатар құтқарушыны сынықтардың құлауынан қорғай алады.

Дамудың негізгі бағыты - жауынгерлік киім-кешектің шамадан тыс салмағынан туындаған сарбаздардың дене жүктемесін өтеу есебінен жаяу тәртіпте әрекет ететін тактикалық топтар мен бөлімшелердің ұтқырлығын арттыру мақсатында экзоскелеттерді әскери қолдану болып табылады.

Экзоскелетті әскери жабдықтауға еңгізу оны көп функциялы жүйеге айналдырумен қатар жүреді. Оның негізгі мақсаттарынан басқа, ол электр генератор, аккумулятор батареяларын сақтау орны, бронеқорғау модульдерін, телекоммуникация құралдарын, түрлі сенсорлар мен датчиктерді бекітуге арналған қаңқалар, электрмен қоректендіру желілерін орнату және деректерді беру функцияларын орындай алады.

1.2 Экзоскелет классификациясы

Экзоскелеттік құрылғыларды және экзоскелет конструкциясын жасау саласындағы қазіргі жағдайды шолудың негізінде объектілердің осы класына келесі жіктеу ұсынылады.

Қабылданған негізгі жіктеу критерийлері:

- мақсаты;
- дизайн ерекшеліктері;
- жетектердің түрі;
- іске асырылған еркіндік дәрежелерінің саны;
- басқару жүйесінің түрі.

Осы өлшемдердің әрқайсысы үшін экзоскелеттік құрылғылардың бөлінуі толығырақ қарастырылады.

Қазіргі уақытта құрылған экзоскелеттерді келесі критерийлер бойынша жіктеуге болады:

- Жетектің түрі бойынша
- Буындардың күшейткіш жетектерінің болу/болмауына байланысты
- Күшейтілген буындардың анатомиялық орнына байланысты
- Кірістірілген энергия көзінің болу/болмауына байланысты
- Пайдаланылған күшейткіш жетектің түріне байланысты
- Басқару сигналын алу әдісі бойынша
- Күштік қондырғының түрі және энергия көзіне байланысты
- Практикалық қолдану саласына байланысты

Энергия көзі және жетектің жұмыс принципі бойынша жіктелуі:

- пассивті экзоскелеттер;
- белсенді экзоскелеттер.

Орналасуы бойынша (локализация):
- жоғарғы (қолдың) экзоскелеті;
- төменгі (аяқтың) экзоскелеті;
- экзоскелеттік костюм.

Құны бойынша (шартты түрде):
- төмен құнды (қол жетімді): $ 1,000-10,000;
- орташа баға санаты: $ 10,000-50,000;
- жоғары құнды - 50 000 АҚШ долларынан асады.

Қолдану саласы бойынша:
- әскери;
- медициналық;
- өндірістік;
- кеңістік (ғарыштық).

Жобалық салмағы бойынша:
- жеңіл - 5 кг дейін;
- орта салмақта - 5-тен 30 кг-ға дейін;
- ауыр - 30 келіден жоғары.

Функциялар саны бойынша:
- қарапайым мақсаттағы экзоскелеттер;
- екі функциялы экзоскелеттер;
- көп функциялы экзоскелеттер.

Пайдаланушының қозғалғыштығы бойынша:
- жылжымалы;
- тұрақты (стационарлық);

Экзоскелеттерді олардың мақсатына жіктеу олардың дизайнының ең маңызды және сипаттайтын белгісі болып табылады. Бұл экзоскелеттің бір немесе басқа мақсатына негізделген: әскери немесе құтқару, медициналық, өндірістік, спорттық немесе ойын-сауық мақсаттары үшін - экзоскелеттің дизайны және оның негізгі техникалық сипаттамалары мен мүмкіндіктері айтарлықтай өзгереді. Мәселен, мысалы, өнеркәсіптік немесе құтқару экскоскелеттері, ең алдымен, белгілі бір «өткізу қабілеттілігін» қамтамасыз етуі керек, ал медициналық экзоскелеттердің басты талабы - тірек-қимыл жүйесінің белгілі бір бұзылулары болған кезде буындардың реттелетін қозғалысы және автономды қозғалыстың тұрақтылығын қамтамасыз ету мүмкіндігі болады.

Жетектердің типі бойынша экзоскелет конструкциялары басқа мехатрондық жүйелермен бірдей: электрлік, гидравликалық, пневматикалық немесе аралас жетекпен бөлінеді. Сондай-ақ, оның дизайны әлі табылмаған ішкі жану қозғалтқышын пайдалануға болады.

Бұл дискілердің әрқайсысының артықшылықтары мен кемшіліктері жақсы белгілі және оларды қажетті жүктеме сыйымдылығын, салмағы мен

мөлшері мен эргономикалық параметрлерін, автономиясын және т.б. ескере отырып қарастыру қажет.

Жетек түрі сонымен қатар экзоскелет конструкциясында қолданылатын кинематикалық жұптардың түрлеріне белгілі бір талаптар мен артықшылықтарды жүктейді: айналмалы немесе аудармалы қозғалыс. Әдетте, бұл қарапайым немесе параллель құрылымның ашық кинематикалық тізбектерін құрайтын, қатаң немесе деформацияланатын байланыстармен қолданылатын, бір қозғалмалы (V класты) кинематикалық жұптар.

Экзоскелеттік қолданыстағы немесе перспективалы құрылғылардың көрсетілген ерекшеліктеріне қосымша икемді қосылыстарды (әртүрлі кабельдер), басқарылатын сипаттамалары бар кинематикалық жұптарды, энергияны сақтаудың механикалық құрылғыларын және т.б. пайдалану мүмкіндігі болуы керек.

Еркіндік дәрежелерінің саны бойынша экзоскелет конструкциялары қажетті қозғалысты жүзеге асыруда қанша дәрежеге жету керек екеніне байланысты айтарлықтай өзгеруі мүмкін. Мәселен, медициналық мақсаттарға арналған және жоғарғы немесе төменгі аяқтың бір, екі немесе үш буынын механотерапиямен қамтамасыз ететін стационарлық экзоскелет үшін екі-алты градусқа дейін ұтқырлық болуы мүмкін. Жылжымалы антропоморфты экзоскелеттердің автономды құрылыстары 13 градустан жоғары еркіндікке ие болуы мүмкін, бұл көптеген тәуелсіз қозғалысшыларды білдіреді. Ерекшеліктің өзгермелі (бақыланатын) дәрежесі бар экзоскелеттік конструкцияны қолдану уәдесі ерекше болып табылады, бұл құрылымның тиімділігін арттырады, қозғалыстың тұрақтылығын қамтамасыз етеді, қажет болған кезде энергия шығынын азайтады.

Экзоскелеттік құрылғыларды басқару түрі бойынша келесі ішкі санаттарға бөлуге болады:

- оператордың басқаруымен;
- қатаң алгоритм бойынша бағдарламаны басқарумен; бейімделгіш интеллектуалды басқару көмегімен;
- master-slave типімен басқару.

Соңғы жіктеу критерийі манипуляторлардың қашықтағы телебақылау сияқты бақылауды білдіреді.

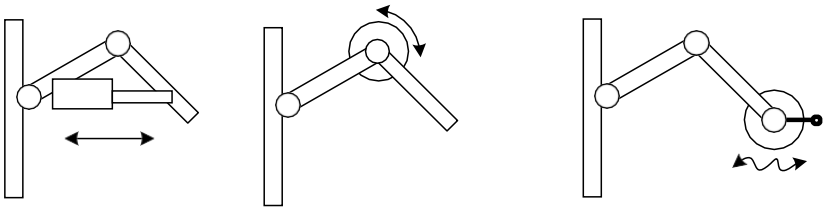
Экзоскелеттік конструкцияларды жіктеудің схемасы толықтай көрінбейді, оны жобалау ойының, мехатрондық жүйенің элементтік базасының, адам мен қоғамның қажеттіліктері мен мүмкіндіктерінің дамуы ретінде жетілдіруге және жетілдіруге болады.

1.3 Биомеханикалық қалпына келтіру құрылғысының жетегі және оның жіктелуі

Қозғалыс түрі бойынша биомеханикалық қалпына келтіру құрылғыларында (БҚКҚ) қолданылатын жетектерді келесідей бөлуге болады:

- аударма қозғалыс жетектері (а);
- айналмалы қозғалтқыштар(б);

- діріл жетектері(в).



а) б) в)

1.1 сурет - БҚКҚ классификациясы

Аударма қозғалыс жетегі аяқ-қолды қалпына келтіретін құрылғылардың тетік механизмдерінде (Kinetec Spectra DC), экзоскелет конструкциясында қолданылады (Exoskeleton HULC). Айналмалы қозғалтқыштар жоғарғы аяқ-қолды қалпына келтіру құрылғыларында (JAS аппараты), экзоскелетілерде (Honda exoskeleton) және әртүрлі тренажерлердің конструкцияларында қолданылады. Діріл жетектері қалпына келтіру процесін күшейту үшін қолданылады. Сондай-ақ, жетектердің шығыс байланыстарының қозғалысының күрделілігі бар бірқатар қалпына келтіру құрылғылары бар.

Биомеханикалық қалпына келтіру құрылғылары (БҚКҚ) жетек типі бойынша одан бөлек электромеханикалық, гидравликалық, пневматикалық және электромагнитті болып бөлінеді.

Энергиямен қамтамасыз етудің қарапайымдылығына, дәл басқарылуына және жоғары тиімділігіне байланысты ең көп қолданылатын электр жетектері. Гидравликалық және пневматикалық қоздырғыштар жүктеме қажеттілігінің жоғарылауымен экзоскелеттер құрылысында қолданылады.

Механикалық энергияны түрлендіретін құрал ретінде әртүрлі редукторларды қолдануға болады [1-6]. Жарақаттанудан және неврологиялық аурулардан кейінгі қалпына келтіру аппараттарында өздігінен тежелетін баяу беріліс қолданылады, мысалы: бұрандалы гайкалардың берілісі, құрттың берілісі. Көбінесе икемді муфталары бар берілістер - белдік, кабель, түрлі тұтқалар мен камералар.

Тренажерлерде және әртүрлі экзоскелеттерде жоғары жылдамдықты тартпалы берілістер де, төмен жылдамдықты толқындар редукторлары қолданылады. Электр қозғалтқыштарының жылдамдығын төмендету үшін редукторлар мен планетарлық берілістер де жиі қолданылады.

Негізінде, мыналарды ажыратуға болады: реттелмейтін, позицияда реттелетін, позицияда және жылдамдықта реттелетін, көп білікті басқару, ақылды басқару. Жетек жүйесінде қолданылатын контроллер түрі де әртүрлі болуы мүмкін. Сонымен, пневматикалық және гидравликалық цилиндрлер үшін релелік басқару қолданылады, онда цилиндр қажетті жылдамдықта экстремалды позицияларды орындайды.

1.3.1 Электр жетектерінің классификациясы

Электр жетектерді келесідей жіктеуге болады:

- асинхронды;
- коллектрлі;
- қадамды;
- вентильді.

Төмен қуатты қалпына келтіру құрылғыларында кең таралған - тұрақты коллекторлық қозғалтқыштар. Ұялы құрылғыларды жасау үшін клапан қозғалтқыштарына негізделген жетектер жиі қолданылады. Қадамдық жетектер сызықтық жетектерде қолданылады, дәлдігі жоғары, алайда тиімділігі төмен және қозғалыс дискретті сипатқа ие.

Айналмалы қозғалысты жүзеге асыру үшін дайын редукторларды да қолдануға болады (1.2 сурет), сонымен қатар түпнұсқа дизайндағы жетектерді де қолдануға болады.

1.2 сурет - Толқынды редуктормен серво жетек CHA-20A-30 (Harmonic Drive)

Суретте көрсетілген құрылғыға электр қозғалтқышы, жоғары дәлдіктегі тахогенератор және толқындарды төмендеткіш кіреді [7]. Мұндай құрылғылар жүздеген Нм моменттерін жасауға қабілетті. Алайда мұндай дискілердің бағасы ондаған мың еуроға жетуі мүмкін.

Қозғалтқыштың клапан түрін таңдау коллекторлық қозғалтқыштармен салыстырғанда жоғары сипаттамаларға байланысты. Салыстырмалы талдау Максон қозғалтқыштарына арналған кесте түрінде бейнеленген.

1.1 кесте – коллекторлы және коллекторсыз жетектерді салыстыру

Мотор сериясы	A	RE
Магнит	AlNiCo	NdFeB
Мысал	A 19 GB	RE 13 GB
Қуаты	2.5 Вт	3 Вт
Мотор көлемі	8.2 см³	4.6 см³
Диаметрі	19 мм	13 мм
Ұзындығы	29 мм	34.5 мм
Моменті	4.4 мНм	3 мНм

1.3 сурет - Maxon қозғалтқыш редукторы:
1 - планетарлық беріліс, 2 - коллекторлық қозғалтқыш, 3 - өсімді оптикалық кодтаушы.

Сонымен қатар, қадамды және коллекторлық қозғалтқыштарға негізделген дайын шешімдер бар.

Бұл құрылғылар әдетте аз қуат алады, бірақ арзанырақ.

Трансляциялық қозғалысты орындау үшін әр түрлі доңғалақты берілістер де тісті рейкалар қолданылады. Бұрамалы қозғалтқыштар мен бұрандалы диск жетектеріне негізделген белгілі шешімдер (1.4 сурет).

1.4 сурет – Сызықты сатылы серво жетек Blitz-motion H57

Бұл электр жетектері салыстырмалы түрде жоғары жылдамдыққа және жақсы тартуға ие. Кемшіліктер қатарында төмен тиімділікті, сондай-ақ тепкіш қозғалтқыштарда резонанстық әсердің болуын айтуға болады. Неғұрлым сенімді, энергияны үнемдейтін, бірақ сонымен бірге қымбатырақ шешім - қалпына келтіру спортын немесе тірек құрылғыларын, синхронды (клапан) қозғалтқыштарға негізделген серверлерді жобалауда қолдану.

Мысал ретінде LEY, LEYG, LEYP, LEYS және т.б. сериясының SMC электрлік баллондарын алуға болады.

1.5 суретте электр қозғалтқышының бүйірлік орналасуы бар клапан қозғалтқышы мен шарикті бұрандалы беріліс негізінде құрылған желілік серво жетек орналасқан.

1.5 сурет - Сызықты сервожетек

Жоғары жылдамдықты қамтамасыз ету үшін әдетте тісті рейкалық берілістер пайдаланылады, алайда редуктордың бұл түріне арналған дайын шешімдер өте сирек.

Байланыстық жүйелерде айналу моментін қамтамасыз ету үшін, әдетте, беріліс немесе планетарлық беріліс қораптары бар тұрақты ток қозғалтқыштарына негізделген беріліс моторлары қолданылады.

1.3.2 Пневмо жетектердің классификациясы

Пневматикалық қозғағыштардың жұмыс принципі сығылған ауа энергиясын атқарушы органның қозғалысының механикалық энергиясына айналдыруға негізделген.

Биомеханикалық қалпына келтіру құрылғыларында пневматикалық жүйелер негізгі қозғаушы ретінде де, ерекше мәселелерді шешу үшін де қолданылады - пневматикалық массажерлер, қыстырғыштар, тренажерларда бекіту құрылғылары.

Пневматикалық қозғағыштар өндірістік манипуляторларда жоғары жылдамдыққа және өндіріс пен қызмет көрсетудің қарапайымдылығына байланысты кеңінен қолданылады.

Экзоскелет және тренажер дизайнында реттелетін пневматикалық дискілер қолданылады. Алайда, пневматикалық қоздырғыштардың көпшілігі пневматикалық цилиндр өзекшесінің соққысымен анықталған екі шектік позиция арасында қозғалу үшін қолданылады. Бұл жағдайда клапан жүйесі жұмыс ортасының ағынын бақылауды және соның салдарынан қозғалыс жылдамдығын бақылауды қамтамасыз етеді. Мысалы, smc ұсынатын электр цилиндрлері ASS реттегіштерін қолдану арқылы жылдам үдетуді және тежелуді, сонымен қатар аралық күйдегі апаттық тоқтауды қамтамасыз етеді.

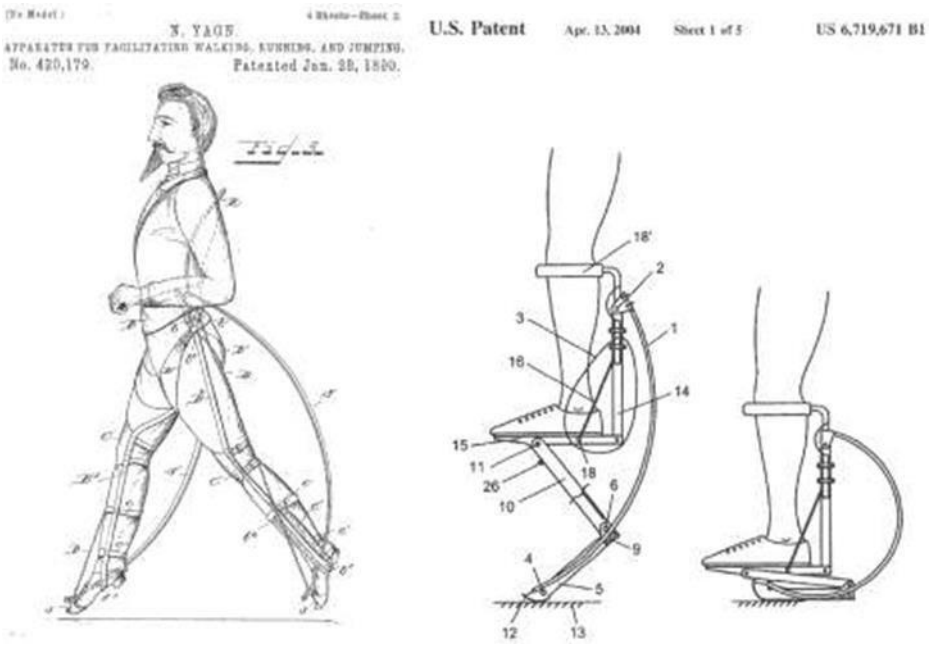
Көп осьтік реттеуді қамтамасыз ету үшін мамандандырылған контроллерлермен жабдықталған пневматикалық позицияларды қолдану қажет. Мұндай жиынтықтардың құны өте жоғары.

1.4 Экзоскелет түрлері

«Экзоскелет» сөзі (грек тілінен ἔξω - сыртқы және σκελετος - қаңқа) көптеген ұғымдар бар, оның ішінде осы ұғым және омыртқасыз жануарлардан табылған биологиялық сыртқы қаңқа, сондай-ақ тасбақа сияқты жануарларда кездеседі. Экзоскелет тірек және қорғаныс функциясын орындайды. Жануарларды қарау арқылы адамдар әртүрлі техникалық жетістіктерге байланысты өз дене мүмкіндіктерін кеңейту жайлы ойлана бастады.

Экзоскелеттер екі түрге бөлінеді: қуат көздері жоқ және оператордың күш-жігерінің арқасында жұмыс жасайтын пассивті экзоскелетондар және қозғалыс үшін қосымша қозғалтқыштарды қолданатын белсенді экзоскелеттер (ағылшынша Powered).

Пассивті экзоскелеттің бастамасы ретінде эластипедті санауға болады.

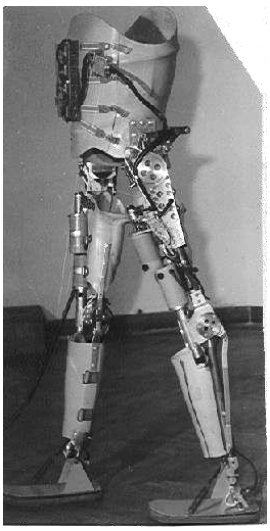


1.6 сурет – Н.А.Янга эластипедінің сұлбасы

Эластипед - әскери мақсатта жүруге, жүгіруге және секіруді жеңілдетуге арналған құрылғы. Бұл өнертабыстың авторы - орыс өнертапқышы Николай Александрович Янг (1849 - 1905). XIX ғасырдың соңында ол «Эластипед» пассивті экзоскелетінің бірнеше модификациясын жасап, патенттеді. Экзоскелеттер дизайнындағы бұл бағыт кейінірек Александр Боктың өнертабысында - powerbock немесе powerkip - секіргіш симуляторында даму бағытын тапты (1.7 сурет).

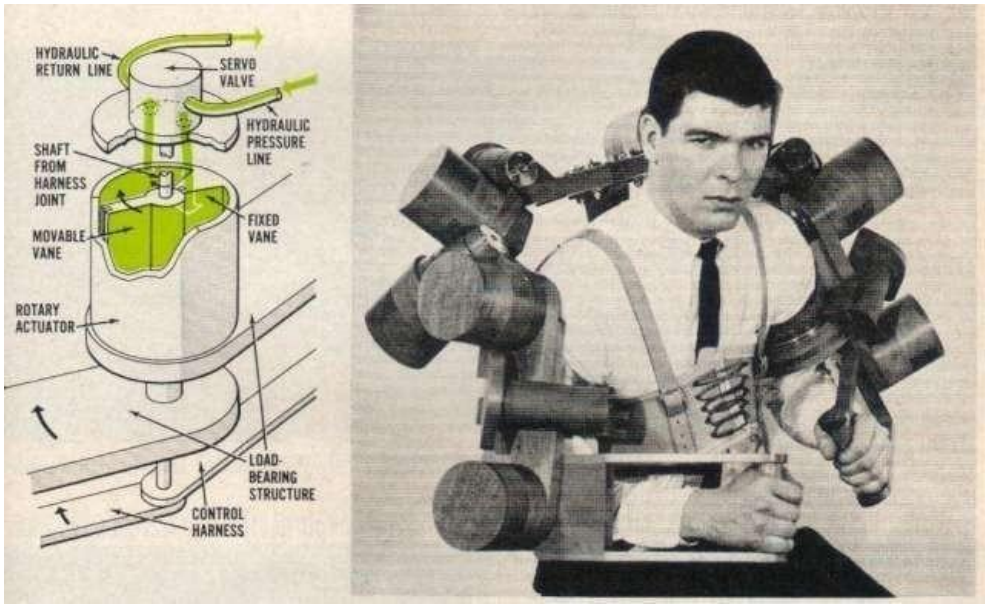
1.7 сурет – Александр Боктың секіргіш-тренажеры

Алғашқы белсенді экзоскелет (сурет 5.) 1969 жылы Югославия мен Серб ғалымы, биомеханика және робототехника саласындағы маман Миомир Вукобратовичтің басшылығымен құрылған. Бұл экзоскелет медициналық мақсатта жасалған және тірек-қимыл аппараты бұзылған адамдарды сауықтыруға арналған. 1972 - 1974 жылдары Белградта дамыған экзоскелет зерттеу және одан әрі дамыту үшін Мәскеу мемлекеттік университетінің механика институтының орыс ғалымына тапсырылды. Сонымен бірге оның клиникалық сынақтары Орталық мемлекеттік ортопедия және травматология институтында өтті [8].



1.8 сурет – Миомир Вукобратовичтің белсенді экзоскелеті

20 ғасырдың 80-ші жылдарынан бастап Америка Құрама Штаттарында Sarcos экзоскелет жұмысының прототипін жасау жұмысын бастады (1.9 сурет). Кейіннен бұл компанияны американдық әскери техниканы ірі жеткізушілердің бірі - Raytheon американдық компаниясы сатып алды.



1.9 сурет – Sarcos эксперименталды экскоскелеті(АҚШ)

2000 жылдардың басынан бастап Америка Құрама Штаттарының Зерттеу Агенттігі (Darpa) американдық әскери саланың алпауыттарының мүдделері үшін жүзеге асырылатын Raytheon мен Lockheed Martin (толық әскери жауынгерлік есептеулермен) жауынгерлердің көтергіш қабілеті мен қозғалыс жылдамдығын арттыратын экзоскелеттік бағдарламаларды қаржыландырады. (1.10 сурет).

1.10 сурет – Ronald J. Patterson экзоскелеті
(Cornell Aeronautical Labs, АҚШ)

Бүгінгі күнге дейін HULC (DARPA, Берклидегі Калифорния университеті, Локхид Мартин) және XOS Exoskeleton (DARPA, Sarcos, Raytheon) әскери мақсаттағы экзоскелеттік жобалар американдық баспасөздің мәлімдемесіне сәйкес өндіріске дайындық сатысына шығарылды, ал ашық дерек көздерінде жұмыс үлгілерінің видео көрсетілімдері бар [9].

TALOS Exoskeleton жобасы. Құрама Штаттардан және әлемнің басқа да елдерінен бірнеше ондаған жеке және мемлекеттік компаниялар TALOS деп

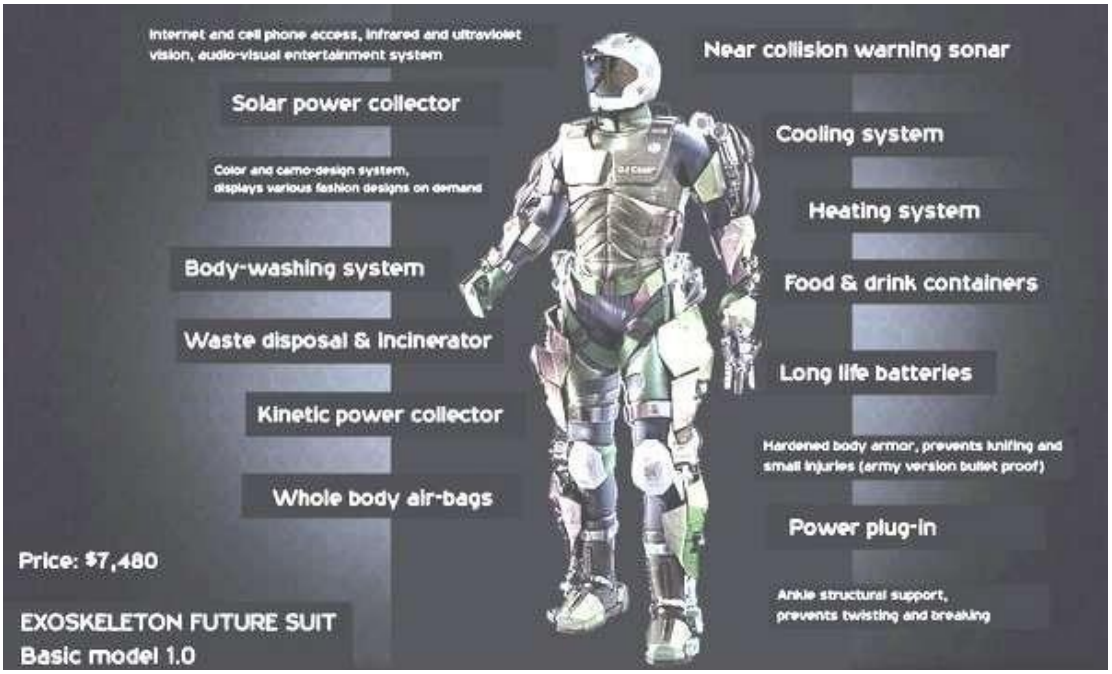
аталатын жобамен, соның ішінде ірі ғылыми-зерттеу институттарымен жұмыс істейді. Олар әр жауынгер үшін жеке құрыш жасаумен айналысты, бұл тіпті оны толықтай қол жетімді етпесе де, оның физикалық қабілеттерін және соғыс қимылдары кезінде аман қалуға мүмкіндік береді.

1.11 сурет –TALOS американдық армиясының экскоскелеті

TALOS жүйесі брондалған экзоскелетке негізделген, ол сарбазды оқ пен фрагменттерден ғана қорғамайды, сонымен қатар оған салмағы 45 килоға дейінгі жабдықпен ұрыс даласында оңай және еркін жүруге мүмкіндік береді.

1.12 сурет –TALOS американдық армиясының экскоскелеті

TALOS костюмінде әскери ұшқыштың денсаулық сақтау жүйесі бар. Ол жауынгердің физикалық жағдайын бақылайтын көптеген сенсорлармен жабдықталған, ал жарақат алған кезде үрленетін манжеттер жүйесі автоматты түрде қан кетуді тоқтатады.



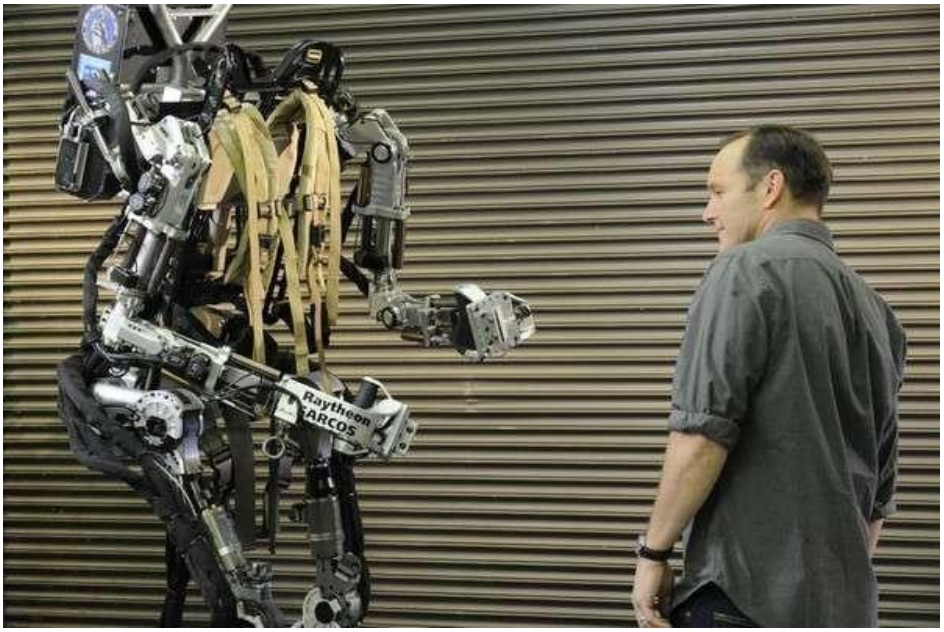
1.13 сурет –TALOS американдық армиясының экскоскелеті

TALOS экзоскелетінің нақты сипаттамалары жария етілмеген. Сонымен қатар, қазіргі уақытта оның алғашқы прототиптері ғана бар.

Экзоскелеттік жоба XOS 2. XOS 2 - Солт Лейк-Ситидегі Raytheon-нан бастау алған түрі. Бұл экзоскелет адамның құрамындағы күшті едәуір арттырады, сонымен қатар оны бірқатар сыртқы әсерлерден қорғайды.

1.14 сурет – XOS 2 экзоскелеті

Алайда, XOS 2 экзоскелетінде әлі бронь жоқ. Костюм, ең алдымен, ауыр жүк көтеруге тура келетін әскери логисттерге арналған. Бұл XOS 2-де өте жақсы. Сондай-ақ, бұл адамға кірпіш қабырғаларын сындырып, ағаш арқалықтарды сындыруға мүмкіндік береді.



1.15 сурет – XOS 2 экзоскелеті

XOS 2-нің басты жетіспеушілігі - оның дербестігіндегі мәселелер. Экзоскелет автономды қуат көзіне қосылған кезде ғана жұмыс істейді. Бірақ Raytheon мұны супер костюмнің жаңа нұсқасында түзетуге уәде беріп, солдатты атыс қаруынан қорғау үшін оған бронетранспиранттар салынған.

Өнеркәсіптік экскоскелет. Әлемдегі ең ірі кеме жасаушылардың бірі, кореялық Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering компаниясы Окпо-Донг қаласындағы кеме қоймасында адамдарға ауыр жүк көтеруге мүмкіндік беретін күш экзоскелеттерін сынақтан өткізді.

Дала сынақтарының нәтижелері бойынша қаңқаның пилоттық нұсқасы жұмыс істейді және жұмысшыларға өздеріне жүктелген міндеттерді орындауға көмектеседі деген қорытынды жасалды.

1.16 сурет – Өнеркәсіптік өндірісте ауыр дайындамаларды көтеруге және тасымалдауға арналған экзоскелет (Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering Корея)

Экзоскелеттің өлшемі биіктігі 160-тан 185 сантиметрге дейін болатын кез-келген адамға сәйкес келеді, ал жұмысшылар 28 келі салмақты сезінбейді, өйткені көміртек талшығынан, алюминийден және болаттан жасалған костюм өзін қолдайды. Ол үш сағаттық заряды бар аккумуляторды пайдаланады және операторға қалыпты жылдамдықпен жүруге және 30 кг-ға дейінгі жүктемелерді оңай көтеруге мүмкіндік береді.

Экзоскелетті қолдану үшін жұмысшы алдымен роботтың түбіндегі аяқ платформаларына аяқтарын бекітеді. Содан кейін беліне және кеудеге бекітеді. Гидравликалық жүйе және қаңқа аяқтарының сыртқы жағынан электр қозғалтқыштары роботты қоректендіретін және басқаратын иық дорбасына қосылған.

Костюм киімнің қатал физикалық күшін арттырумен қатар, оған ауыр компоненттерді дәл басқаруға мүмкіндік береді: ол салмағының көп бөлігін алады, сондықтан қолданушы жеңіл затпен жұмыс істейді.

Тест нәтижелері мен жұмысшылардың пікірлері негізінен жақсы болды. Қазір 100 килограмды көтере алатын модель бойынша жұмыс жүргізілуде.

Төтенше жағдайды жоюға арналған экзоскелет

Фукусима атом электр станциясындағы апаттан Жапония әлі күнге дейін қалпына келе алмай отыр, ол бүкіл әлемді радиациялық апатқа душар етті. Күн шыққан ел бұл оқиғаның салдарын жою үшін жыл сайын

миллиардтаған доллар бөледі. Ал апатпен күресудің бір қадамы Mobile Suit экзоскелетін дамыту болды.

1.17 сурет – Фукусима апатына арналған Mobile Suit экскоскелеті

Цукуба университетінің инженерлері Mobile Suit Фукусима апатының салдары үшін арнайы ойлап тапты. Бұл экзоскелет жоғарыда аталған гибридті көмекші аяққа негізделген. Қарттар мен мүгедектерге көмектесетін сәтті модель толыққанды бола бастады беріктігін арттыратын, радиоактивті шаңнан қорғайтын және қызып кетуден сақтайтын костюм.

1.18 сурет – Фукусима апатына арналған Mobile Suit экскоскелеті

Hybrid Assistive Limb. Кейбір ұйымдар жауларды өлтіру үшін идеалды сарбаздар жасау үшін әскери мақсатта экзоскелет жасау үстінде, ал басқалары ұрыс кезінде науқастар мен жарақат алған адамдарға толыққанды өмір сүруге мүмкіндік беретін костюмдер әзірлеуде.

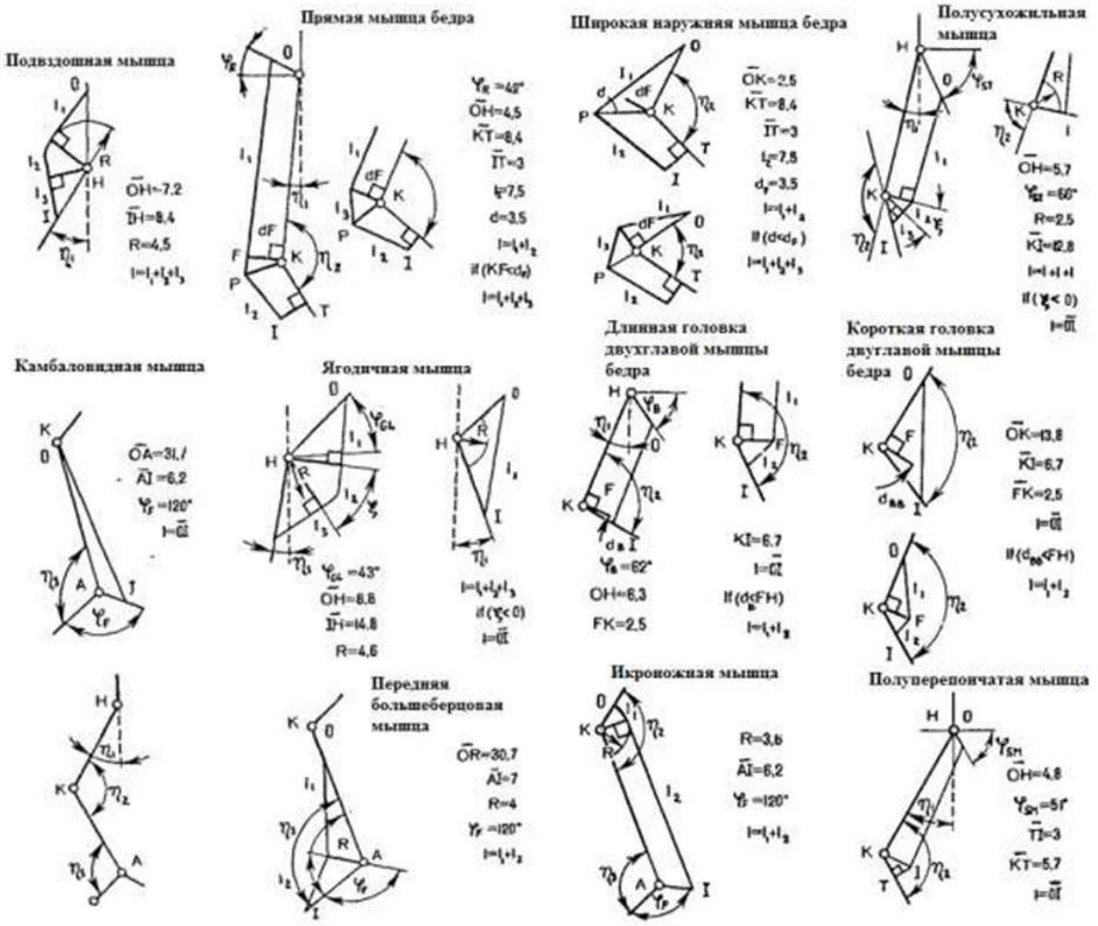
1.19 сурет – Hybrid Assistive Limb экскоскелеті

Мысалы, Hybrid Assistive Limb экзоскелеті (Цукуба университеті, Жапония) тірек-қимыл аппараты бұзылған адамдарды оңалту үшін арнайы жасалды. Бұл олардың белсенді өмірге оралуына мүмкіндік береді. Жақында мүгедектер арбасынан шыға алмағандар енді Олимпиада чемпионының жылдамдығымен жүгірмесе, кем дегенде қайтадан серуендеп, тіпті баспалдаққа көтеріле алады [10].

2 Конструкторлық бөлім

2.1 Бұлшықеттің биомеханикалық есебі

Биомеханикалық есептеулер үшін бұлшықеттердің ұзындығы туралы және олардың сіңірі мен бұлшықет бөліктерінің арақатынасы туралы деректер қажет (бұлшықеттің қысқару жылдамдығын анықтау үшін белгілі болуы керек: Хилл теңдеуіндегі жылдамдық бұлшықет ұзындығының өзгеру бірлігімен көрсетілген), сонымен қатар, ең алдымен, өзгеріс туралы мәліметтер тінтуірдің ұзындықтары буындарда әртүрлі бұрыштарда. Бұл әсіресе бисартикулярлы бұлшықеттерге қатысты, екі көрші буындардағы қозғалыстар кезінде оның өзгеруі айқын емес. Қозғалыс кезінде бұлшықетпен не болатынын білу - ол ұзарады немесе қысқарады ма, өте маңызды. Ақыр соңында, бұлшықет созылған кезде теріс жұмыс жасайды және серпімді деформацияның потенциалдық энергиясы оған жиналуы мүмкін; қысқарған кезде бұлшықет оң жұмыс жасайды және серпімді деформацияның энергиясы (бұлшықет жиырылуының метаболикалық емес энергиясы) механикалық жұмыс түрінде көрінеді (2.1 сурет).



2.1 сурет - Бұлшықет ұзындығын және оның өзгеруін тригонометриялық әдістермен бағалау: Н - жамбас буыны; К - тізе буыны; А - білек буыны.

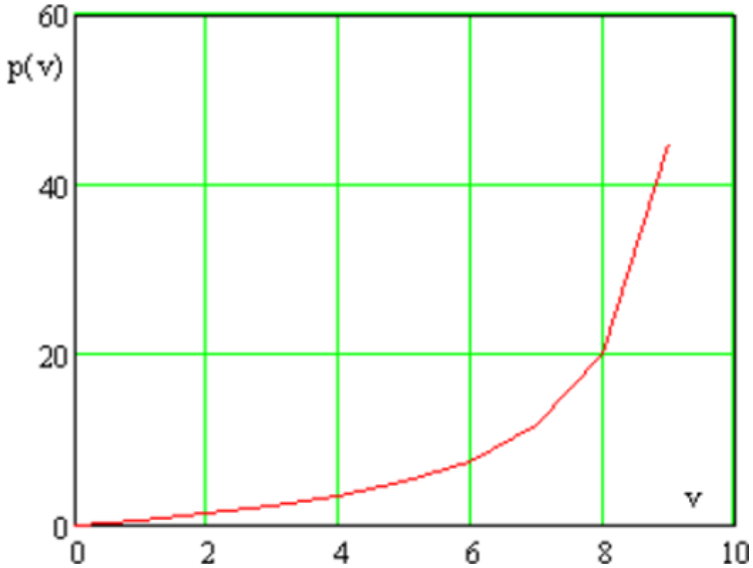
Сондай-ақ жиырылғыштық, серпімділік және тұтқырлықтың құндылықтары туралы түсінік болуы керек. Төмендегі кестелер адамның әртүрлі бұлшықет топтары үшін осы қасиеттердің мәндерін көрсетеді.

Келісімділікке келетін болсақ, тиімді күштерді анықтау үшін Хиллдің бұлшықет жиырылуының моделін қолдануға болады [11,12]. Хилл бұлшықеттің жиырылу механикасында негізгі, сипаттамалық теңдеуді анықтады. Ол изотониялық жиырылу, қысқарудың стационарлық жылдамдығын P жүктемесімен байланыстырады және гиперболалық формада болады:

$$(p+a)v = b(p-p_o) \qquad (2.1)$$

Мұндағы: p_0 - бұлшықет жасаған максималды кернеу немесе бұлшықеттің оны кеңейтусіз қолдайтын максималды жүктеме, b - эксперименттік мәліметтер негізінде табуға болатын тұрақты мәндер.

Қарсыласу күшінің жылдамдыққа тәуелділігінің графигі (p_0 = 0 кезінде) 2.2 суретте келтірілген [27]:



2.2 Сурет - Бұлшықеттің қысқару жылдамдығына қарсы бұлшықет күшінің графигі

Бұлшықеттің серпімді компоненттерін созған кезде деформацияға қарсылықтың серпімді күштері пайда болады, серпімді деформацияның энергиясы жинақталады (жинақталады). Деформацияланатын жүктемелерді алып тастағаннан кейін бұлшықет биокинематикалық буындарды жылжыту үшін механикалық жұмысқа энергияны жинақтайды. Серпімді күштердің бұл жұмысы организмнен химиялық энергия қорларын тұтынбай жасалады.

2.1 кесте – Адам бұлшықеттерінің сипаттамасы

Адам бұлшықеттерінің сипаттамасы				
Зерттеу нысаны	Белсенділігі	Әдісі	Сипаттамасы	Тіркелген мәні
Табан иілгіштері	Белсенді	Өшпелі тербелістер	Қаттылығы	3,80 кг/мм
Санның төрт басты бұлшық еті	Белсенді Пассивті	Өшпелі тербелістер	Серпіміділк	57,1 Гц 25,8 Гц
Балтыр бұлшық еттері	-	Резонансты	Өздік жиілігі	177 Гц
Иықтан табанға деінгі адам денесі	-	Өшпелі тербелістер	Серпіміділк	$4,7*10^4$ Н/м

Бұлшықеттің тұтқырлығы жүктеменің деформацияға тәуелділігімен анықталады. Тұтқырлығы бұлшықет ұзындығының өзгеруі аз болған кезде бұлшықет созылу кезінде және оның қысқаруы кезінде кернеудің өзгеруіне қатысты кешігеді. Бұл жағдайда кейбір кешігуі бар бұлшық ет бастапқы жағдайға қайтарылады. Бұлшықеттің тұтқырлығы ұлғайған сайын, бұрынғы күйін қалпына келтіру уақыты ұлғаяды - қалдық деформация байқалады. Бұл ретте энергияны жоғалту пайда болады. Бұлшықеттердің тұтқырлығы қозғалыс жылдамдығына тепе-тең және айтарлықтай қозғалғанда өседі деп санайды. Дегенмен, бұлшықеттердің қызуы созылғанда тұтқырлықтың азаюына және бұлшықеттердің қысқаруы мен созылуында тежеуге көмектеседі.

2.2 кесте – Адам бұлшықеттерінің тұтқырлығы

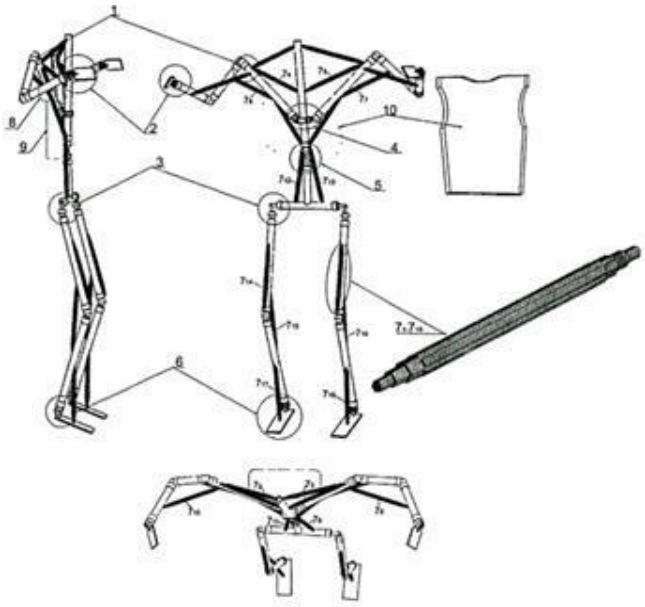
Адамның кейбір бұлшықеттерінің тұтқырлығы			
Буын	Сіңір, бұлшықет немесе бұлшықет тобы	Бұлшықет белсенділігі	Тұтқырлығы
Тізе	Тізе буынының бұлшықет тобы	Пассивті	2,8 кг*с/м $см^2$-қа
Жамбас	Санның төрт басты бұлшықеті	Пассивті	2,7 кг*с/м $см^2$-қа
		Белсенді	2,6 кг*с/м $см^2$-қа
Жамбас	Санның тік бұлшық еті	Пассивті	3,7 кг*с/м $см^2$-қа
		Белсенді	6,4 кг*с/м $см^2$-қа

2.2 Экзоскелетті құрастыруға қажетті компонентттер

Экзоскелетті құрастыруға келесі детальдар қажет:

- Экзоскелет рамасы;
- Пневмоцилиндрлер;
- Ардуино;
- Жүрек соғу сенсоры, ЭКГ, AD8232;
- Сервожетек;
- 9В батарейка;
- Ардуино макетті платасы;
- Электродтар.

2.2.1 Экзоскелеттің рамасы



2.3 сурет – Экзоскелеттің рамасы

2.2.2 Қажетті пневмоцилиндрлер

Қысым күшінің (көтеру) формуласын есептеу:

$$F = P * S \tag{2.2}$$

мұндағы, P - ауаның қысымы, S - пневмокилиндрдің негізгі аймағы.
Пневматикалық цилиндрдің ауданын есептеу үшін формула:

$$S = \frac{nD^2}{4} \tag{2.3}$$

мұндағы, n-const және D-диаметрі пневматикалық цилиндр.
Пневматикалық цилиндр көлемін есептеу:

$$V = S * L = \frac{nD^2}{4} * L \tag{2.4}$$

мұндағы, L - пневматикалық цилиндрдің өзегінің ұзындығы.

$$V\text{мм}^3 = 803{,}84 * 150 = 120576$$

Сығылған ауа шығыны л / мин пневматикалық цилиндр:

$$W_i = \frac{V}{t} \quad (2.5)$$

Поршень жылдамдығы:

$$V = L*t = 0.15\text{м/с} \quad (2.6)$$

Барлық жүйе үшін атмосфералық қысым кезіндегі орташа ауа ағыны:

$$W = 1 \sum \frac{k_i * W_i * P_{max} * 10^6}{3600} \quad (2.7)$$

мұндағы, ki - бұл i-ші цилиндрдің 1 сағаттағы қосылуының орташа саны;

n – жұмыс істеп тұрған пневмоцилиндрлер саны;

Pmax - ауа қысымы, Мпа.

Сипаттамасы бойынша пневматикалық поршеньді таңдау:

$$F_1 = \frac{100^2\text{мм} * n}{4 * 0{,}8\text{МПа}} = 6283{,}1[\text{Н}]$$

$$F_2 = \frac{10^2\text{мм} * n}{4 * 0{,}8\text{МПа}} = 62{,}831[\text{Н}]$$

$$F_3 = \frac{25^2\text{мм} * n}{4 * 0{,}8\text{МПа}} = 392{,}69[\text{Н}]$$

$$F_4 = \frac{30^2\text{мм} * n}{4 * 0{,}8\text{МПа}} = 565{,}48[\text{Н}]$$

$$F_5 = \frac{32^2\text{мм} * n}{4 * 0{,}8\text{МПа}} = 643{,}39[\text{Н}]$$

Бірақ максималды қысым кезінде 1МПа болады:

$$F = \frac{32^2\text{мм} * n}{4 * 1\text{МПа}} = 804{,}247\text{Н (яғни 80кг)}$$

Біз ең жақсы нұсқаны таңдадық, ол F5 болды.

Формула бойынша қабылдағыш көлемін есептеу:

$$Vл = \frac{Q*t*КПР}{60} * \Delta P \quad (2.7)$$

мұндағы, ΔP - қабылдағыштағы қысымды реттеудің ауқымы;

КПР - бір поршеньді компрессордың жұмыс коэф.= 0,65.

$$Vл = \frac{0,723 * 6 * 60 * 0,65}{60} * 10 = 0,28$$

2.2.3 Ардуино

Arduino Uno - бұл ATmega328 микроконтроллеріне негізделген құрылғы (мәліметтер кестесі) [13]. Мұнда микроконтроллермен ыңғайлы жұмыс істеу үшін барлық қажеттіліктер бар: 14 сандық кіріс / шығыс (оның ішінде 6-ны PWM шығысы ретінде пайдалануға болады), 6 аналогты кіріс, 16 МГц кварцтық резонатор, USB коннекторы, қуат коннекторы, ішкі бағдарламалау коннекторы (ICSP) және қалпына келтіру түймесі. Құрылғымен жұмыс істеуді бастау үшін айнымалы / тұрақты ток адаптерінен немесе батареядан қуат беру немесе компьютерге USB кабелі арқылы қосылады [14].

2.3 кесте – Arduino Uno сипаттамалары

Микроконтроллер	ATmega328
Жұмыс кернеуі	5В
Қорек кернеуі (ұсынылады)	7-12В
Қорек кернеуі (шектеулі)	6-20В
Сандық кіріс/шығысы	14
Аналогты кірістері	6
Бір шығысының максималды тоғы	40 мА
3.3V шығысының максималды шығыс тоғы	50 мА
Flash-жады	32 КБ (ATmega328) оның ішінде 0,5 КБ жүктеуішімен қолданылады
SRAM	2 КБ (ATmega328)
EEPROM	1 КБ (ATmega328)
Жиілігі	16 МГц

2.2.4 Жүрек соғу сенсоры, ЭКГ, AD8232

Жүрек соғуының сенсоры, ЭКГ AD8232 - жүрек және электр сигналдарын өңдеуге арналған сенсор.

Жүрек соғуының сенсоры AD8232 ЭКГ, ұқсас құрылғыларға қарағанда 50% -ға ықшамды және энергияны 20 пайызға аз пайдаланады. Ол AD8232

тақтасынан, электродтар жиынтығынан және оларды AD8232 тақтасына қосуға арналған кабельден тұрады.

Сенсор күшті кедергілер болған кезде әлсіз биопотенциалды сигналдарды алуға, күшейтуге және сүзуге арналған. AD8232 құрамында екі полюсті жоғары өту сүзгісі және желілік шу мен басқа да шуды жою үшін көп полюсті төмен өту сүзгісін қолдануға мүмкіндік беретін жұмыс істемейтін күшейткіш бар. Осының арқасында сенсорды OUTPUT контактісі арқылы осциллографқа тікелей қосуға болады.

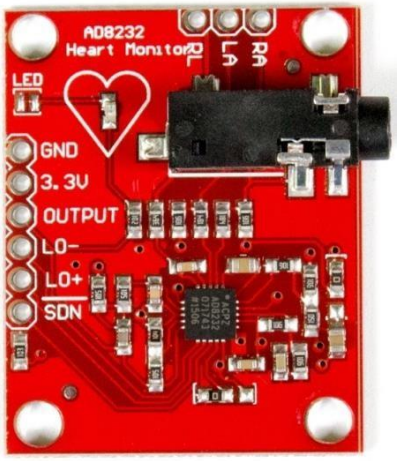
Бұл сенсор биполярлы қорғасын әдісін қолдана отырып ЭКГ көрсеткіштерін алады, онда электр өрісінің екі нүктесі (электродтар) арасындағы ықтимал айырмашылық жазылады. Бұл деректерді жаттығулар мен спорт кезінде жүрек ырғағын бақылау үшін, сондай-ақ жалпы жүрек жүйесінің жұмысын бақылау үшін пайдалануға болады.

Сонымен қатар, сенсор EMG (электромиограмма) қабылдай алады, ал алынған сигналды бионика мен протездеуде, ойын тренажерларындағы виртуалды джойстиктерді және пернетақталарды басқаруда қолдануға болады.

Сипаттамалары:

- Ағымдағы тұтыну: 170 мкА;
- Қоректендіру кернеуі: 2-ден 3,5 В-қа дейін;
- Кірістірілген жоғарғы жиілікті сүзгі;
- Полюсті жоғары өту сүзгісі;
- Полюсті төмен өту сүзгісі;
- Синфазды сигналды төмендету коэффициенті: 80 дБ;
- Электродтың байланыс детекторы;
- Орнатылған күшейткіш «Right Leg Drive» ;
- Электродты оқумен синхрондалған жарық диоды;
- Шығу сигналы: аналогты;
- Модуль өлшемдері: 36мм * 28мм * 7мм;

Сенсор GND, 3.3V, OUTPUT, L0-, L0 + 5 түйреуіштер көмегімен микроконтроллерге қосылады.



2.4 сурет - Жүрек соғу сенсоры, ЭКГ, AD8232

Сенсорды қосу үлгісі:

GND - Arduino UNO-ның GND түйрегіне қосылады.

3.3V - Arduino UNO -ның 3.3V істікшесіне қосылады.

OUTPUT – Arduino UNO-ның A0 түйреуішіне қосылады. Электродтардан келетін сигналға жауап береді.

L0- - Arduino UNO-ның 11 түйрегіне қосылады. Электродтың байланыс детекторы (-)

L0 + - Arduino UNO-ның 10 түйрегіне қосылады. Электродтың байланыс детекторы (+)

SDN - пайдаланылмайды

Қорек көзі - кіріс кернеуі 3.3 В тұрақты ток, 3.3V және GND датчиктеріне беріледі [15].

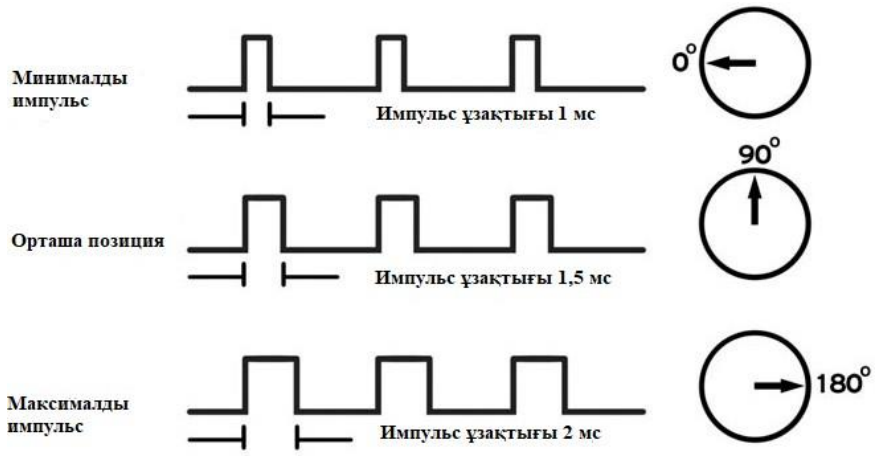
2.5 сурет - AD8232 электродтары

2.2.5 Сервожетек

Arduino servo (ағылш. Arduino servo) - белгілі бір бұрышпен бұралып, белгілі бір уақытқа осы күйінде қалатын электр қозғалтқышы бар құрылғы.

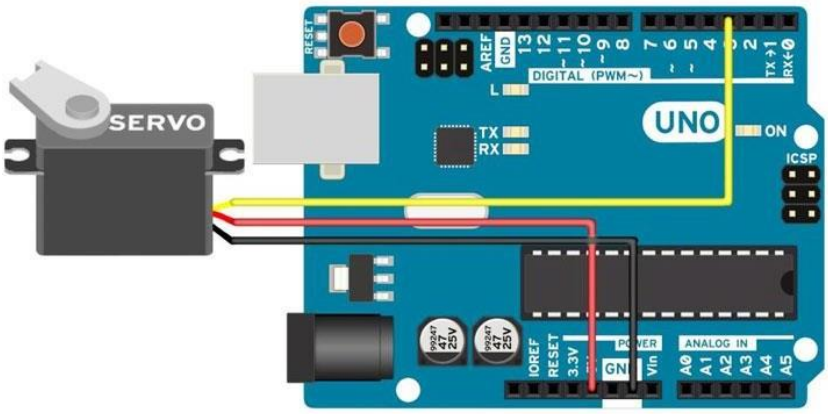
2.6 сурет – Сервожетек құрылысы

Arduino сервожетектер - бұл өте жақсы қондырғылар, оларды көрсетілген орынға бұруға болады және көптеген жерлерде қолдануға болады. Әсіресе қазір олар робототехникада жиі қолданылады [16].



2.7 сурет – Жұмыс істеу принципі

Төменде қосу схемасы көрсетілген:

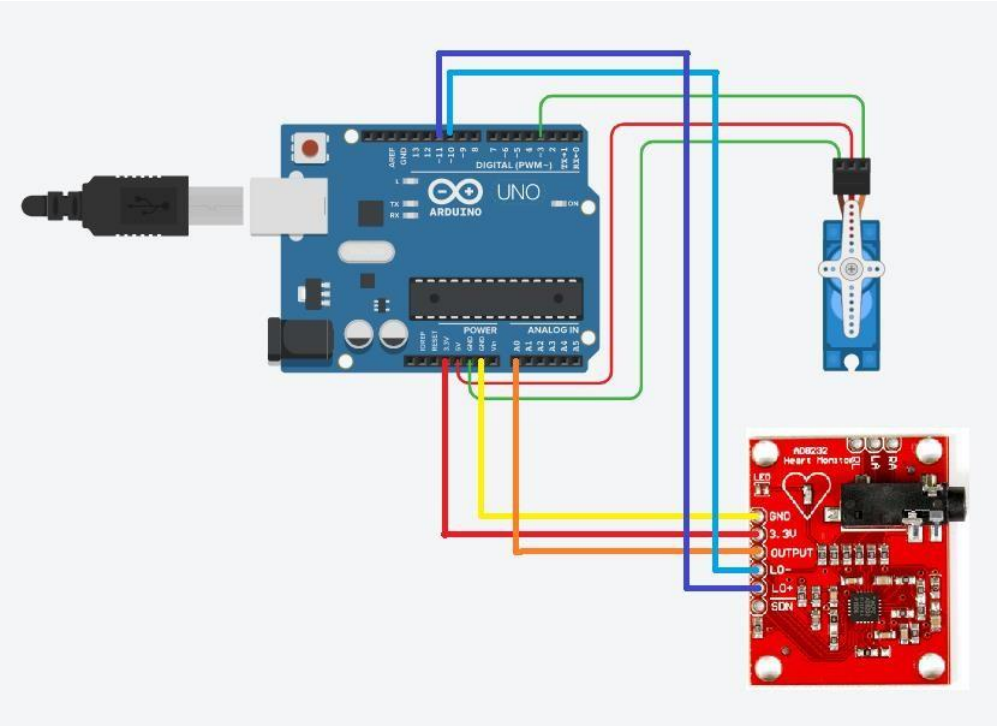


2.8 сурет – Сервожетектің жалғану сұлбасы

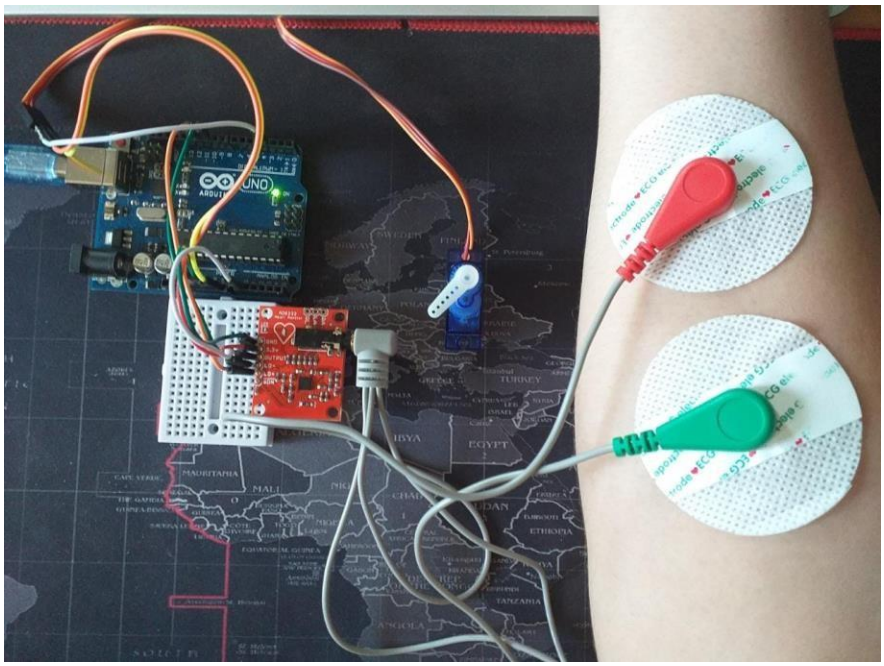
2.3 Экзоскелеттің жоғарғы бөлігін құрастыру

Экзоскелетті құрастыруға келесі детальдар қажет:

- Экзоскелет рамасы;
- Пневмоцилиндрлер;
- Ардуино;
- Жүрек соғу сенсоры, ЭКГ, AD8232;
- Сервожетек;
- 9В батарейка;
- Ардуино макетті платасы;
- Электродтар.



2.9 сурет – Детальдардың жалғану сұлбасы



2.10 сурет – Жалпы көрінісі

3 Бағдарламамен қамтамасыз ету

3.1 Arduino IDE ортасы

Arduino IDE - бұл ыңғайлы мәтіндік редактордағы бағдарламаларды құруға, оларды машиналық кодқа жинауға және Arduino-ның барлық нұсқаларына жүктеуге мүмкіндік беретін бағдарлама [17].

Arduino IDE артықшылықтары:

–қол жетімділік;

–ыңғайлы және түсінікті интерфейс;

–бағдарлама Windows амалдық жүйесінің барлық нұсқаларымен үйлесімді;

–жұмысқа қажетті құралдардың болуы;

–бағдарламалау тілдерінің бірнеше нұсқалары;

–C ++ тілін тереңдете білу;

–кіріктірілген үлгілік бағдарламалар жиынтығы;

–эскиздерді сақтау, экспорттау, тексеру, іздеу, ауыстыру функциялары.

3.2 Құрылғыны бағдарламалау

Құрылғымыз жұмыс істеу үшін келесі бағдарламаны Arduino Uno платасына жүктеуіміз қажет:

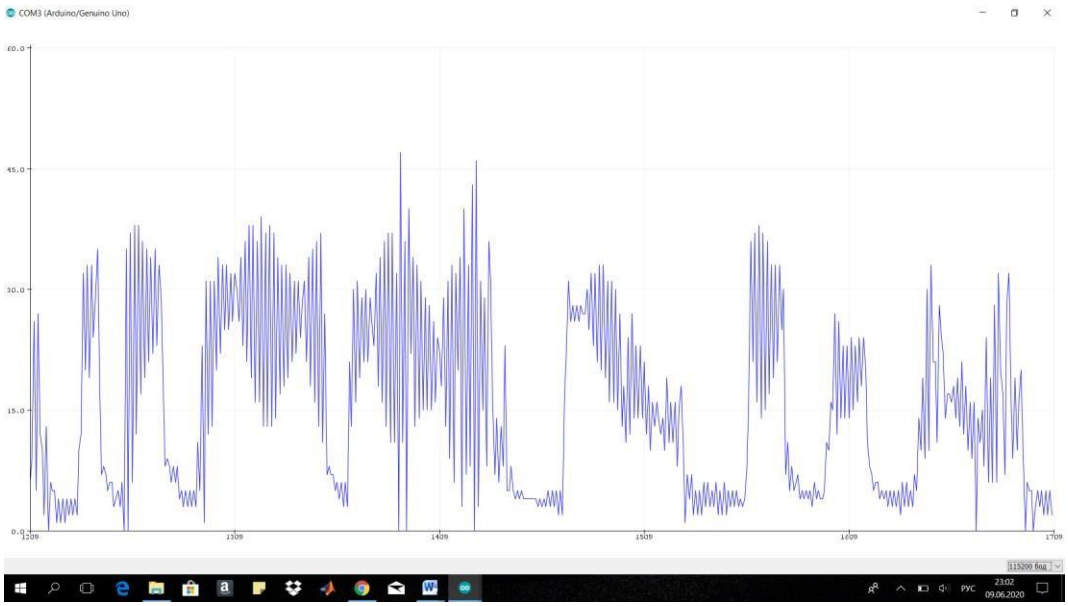
```
#include <Servo.h>
#define SERVO_PIN 3
#define EMG_PIN 0
#define THRESHOLD 11

Servo SERVO_1;
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  // L0+ и L0-, подключенные на 10 и 11 пины, являются выходами
детектServo SERVO_1;
  pinMode(10, INPUT); // Настройка выхода L0-
  pinMode(11, INPUT); // Настройка выхода L0+
  SERVO_1.attach(SERVO_PIN);

}
void loop()
{
      int value = analogRead(EMG_PIN);
    if(value > THRESHOLD){
    SERVO_1.write(0);
    delay(50);
  }
```

```
  else{
    SERVO_1.write(180);
        delay(50);
  }
  Serial.println(value);
}
```

Ол үшін бос USB порт арқылы компьютерге жалғаймыз. Әдетте, Arduino-ны компьютерге қосқаннан кейін құрылғыны автоматты түрде анықтауға бірнеше секунд кетеді. Құрылғының сәтті орнатылғаны туралы хабарламаны көру керек. Содан кейін Arduino IDE-де дұрыс тақтаны конфигурациялаңыз. Ол үшін мәзір элементін таңдаңыз: Құралдар / Басқарма / ... Arduino әр түрлі түрлерінің тізімі пайда болады, солардың ішінен біз қалағанды таңдаймыз. Бұл оқулық Arduino Uno туралы, сондықтан осы опцияны таңдаңыз. Arduino IDE жаңа нұсқаларында классикалық Arduino Uno атауы өзгерді, енді ол келесідей болады: Arduino / Genuino Uno Енді портты таңдаймыз. Жаңа Arduino-ны компьютерге қосқан сайын, Windows оған бөлек COM портын бөледі. Дұрыс портты таңдау үшін мәзір элементін ашыңыз: Құралдар / Порт / ... Бұл «COM1» немесе «COM3» немесе кез келген басқа нөмір болуы мүмкін. Соңғы қадам - бағдарламаны Arduino-ға жүктеу. Мұны істеу үшін оң жақтағы көрсеткі бар белгішені нұқыңыз. Осы рәсім аяқталғаннан кейін хабарлама жолында «Жүктеу аяқталды» хабары пайда болады.



3.1 сурет – Электродтардан алынған көрсеткіштер

4 Өмір тіршілік қауіпсіздік бөлімі

Бұл жұмыстың мақсаты адам қимылын реттеуші экзоскелет жүйесін жасап шығару болып табылады. Сымсыз желілер, байланыс, күрделі бағдарламалар, импульстер және басқа да өнертабыстар әрдайым тек адам өзін жақсы сезініп, оның жұмысы барынша жеңілдетіліп, өмірі жақсаруы үшін жасалады. Сол себепті сыртқы жақтау мен жетекші бөліктердің арқасында адам бұлшықеттерінің күшін арттырып, қозғалыстардың амплитудасын кеңейте аламыз.

Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімінде ғимараттардан мүгедек адамдарды экзоскелет жүйесі арқылы эвакуациялау қарастырылады. Негізгі тапсырмалар ретінде ғимараттардан адамдарды эвакуациялау жолдарын есептеу қажет.

Эвакуация - адамдардың өмірін сақтау және өндірістің жұмыс істеуіне жағдай жасау мақсатында халық пен материалдық құндылықтарды төтенше жағдайлар аймақтарынан және осы заманғы зақымдау құралдары қолданылуы мүмкін аудандардан ұйымдасқан түрде шығару [18].

Ғимараттардан адамдарды эвакуациялау кезінде адамдар шыға берістерге қарай ұмтылады. Бұл шыға берістердегі адамдардың тобының тығыздығының тез өсуіне әкеледі. Топтардың тығыздығының өсуі адамдардың қажет жағдайда жеке бөлмелер мен ғимараттардан толығымен шығып үлгеруіне кететін уақыты - эвакуациялау кезіндегі қажетті негізгі көрсеткіш болып табылады.

Мәжбүрлі эвакуациялаудың қауіпсіздік нәтижесі эвакуация уақытының, адамдарға әсер ететін өрттің қауіпті факторларының шекті жағдайға жету уақытынан аз болуында: Шекті қолайсыз температура (60^0С), оттегінің концентрациясы төмендеуі, ауада жанудың зиянды қалдықтарының шектен аса жинақталуы, түтіннің әсерінен көрудің нашарлауы. Көрсетілген шарттардың пайда болу уақытын нақты жағдайларға байланысты және оны есептеу арқылы да анықтауға болады. Эвакуацияның уақытын азайтуға конструкциялық-жобалық және ұйымдастырушылық шешімдермен қол жеткізеді.

Ғимараттардан адамдарды эвакуациялау кезіндегі негізгі көрсеткіштер: тығыздық, адамдар тобының қозғалу жылдамдығы, жолдардың өткізу мүмкіндігі және қозғалыс қарқыны. Сонымен қатар эвакуациялау жолдары ұзындығымен және енімен сипатталады.

4.1 Құқықтық нормалар

Эвакуация жолдары 2.04-01-2011 «Табиғи және қолдан жарықтандыру» талаптарына сәйкес жарықталған болуы қажет [19].

Эвакуациялық жолдарына лифттер мен эскалаторлар кірмеуі керек, сонымен қатар алып шығатын участкелер:

- коридорлар арқылы лифт шахталары шығар есіктерінен, егер олардың қоршау конструкциясы өртке қарсы тосқауылдарға қойылатын талаптарға сай келмесе;

- «өтпелі» баспалдақ торлары арқылы, егер баспалдақ торларының алаңшасы коридор бөлігі болса;

- екі қабаттан артық қосатын 2-түрдегі баспалдақтар арқылы, сонымен қатар жертөле мен цоколдық қабаттардан алып баратын, эвакуациялыққа жатпайтын 2-го түрдегі баспалдақтары орналасқан бөлмелер арқылы өтетін жерлерден басқасы.

Отқа төзімділік шектері V дәрежелі ғимараттар мен С3 кластық ғимараттардан басқа отқа төзімділік шектері барлық дәрежедегі және конструктивтік өрт қаупі В кластық ғимараттардың эвакуациялау жолдарында өрт қаупі төмендегілерден артық болатын конструкциялардың беттік қабаттарының материалдарын қолдану рұқсат етілмейді:

- Г1, В1, Д2, Т2 - қабырғаларды, төбелер мен вестибюлдер, баспалдақ торларының, лифт алаңшаларының ілінбелі төбелердің толтырымдырын әрлеу үшін;

- Г2, В2, Д3, Т3 немесе Г2, В3, Д2, Т2 - қабырғаларды, төбелерді, ортақ коридордағы, холл мен фойелердің ілінбелі төбелердің толтырымдырын әрлеу үшін;

- Г2, РП2, Д2, Т2 - вестибюль, баспалдақ торларының, лифт алаңшаларының еденінің жабуларын үшін;

- В2, РП2, Д3, Т2 - , ортақ коридордағы, холл мен фойелердің еденінің жабуларын үшін.

Коридорларда қабырғалардың беткі жазықтығынан 2 м кем биіктігінде шығып тұратын қондырғы, газқұбырлары мен жанғыш сұйықтардың құбырларын, сонымен қатар коммуникациялар мен өрт крандарын орналастыру үшін арналған шкафтардан басқа қабырға қуысына қондырылған шкафтарды қондыруға рұқсат етілмейді.

Ортақ коридорға алып баратын баспалдақ торларының есіктерінде, лифт алаңшасының есіктері мен ауаны тұрақты беріп отыратын тамбур-шлюз есіктерінде өздігінен жабу үшін арналған құрылғы мен саңлау қалдырмайтындары болуы қажет. Өрт кезінде ауаны тұрақты беріп отыратын тамбур-шлюз есіктерінде және түтінді мәжбүрлеп жоятын қорғауы бар бөлмелердің есіктерінде өрт кезінде автоматты түрде жабу үшін қондырғы мен саңлау қалдырмайтындары болуы қажет.

Қойылатын талаптарға сай өртке қарсы 1-түрдег қалқаны мен 3-түрдегі жабындары, қоршау конструкциялары бар лифт алаңшасының лифт шахта есіктерінің отқа төзімділік шегі нормаланбайды.

4.1.1 Баспалдақтар мен баспалдақ торлары арқылы эвакуациялау талаптары

Эвакуация жолдарында баспалдақтар мен баспалдақ торлары шегінде винт тәрізді баспалдақтар, әртүрлі ені мен адымдау биіктігі бар табан тірегіштер қондыруға рұқсат етілмейді.

2-түрдегі баспалдақтардың басатын жерінің ені мен баспалдақ биіктігі марштар мен баспалдақ торларындағы алаңшаның баспалдақтарына

қойылатын талаптарына сәйкес болуы қажет. 2-түрдегі баспалдақтардың эвакуация жолдарының ұзындығын оның үш еселенген биіктігіне тең қылып қабылдау керек.

3-түрдегі баспалдақтарды жанбайтын материалдардан орындау керек және класы К1 аз емес, отқа төзімділік шектері REI 30 кем емес қабырғалардың бітеу бөлігінде (жарық ойықтарынсыз) орналастыру қажет. Бұл баспалдақтар алаңшасы қажет эвакуациялық шығар есіктер деңгейінде болуы және терезе ойықтарынан ара қашықтығы бір метрден аз емес орналасуы қажет.

Баспалдақ алаңшасының ені марш енінен аз емес болуы қажет. Секциялы түрдегі Ф 1.3 кластық ғимараттардан басқа барлық кластық функционалдық өрт қауіпті ғимараттарда есіктер, баспалдақ торына шығар есіктер ашық кезінде баспалдақ алаңшасы мен марштардың есептік енін кішірейтпеуі қажет.

Баспалдақ торларында коммуникация шкафтары мен өрт крандарынан басқа жанғыш газдар мен сұйықтары бар құбырларды, енгізіле орналасатын шкафтарды, коридорлар мен баспалдақ торларын жарықтандыруға арналған ашық орналасқан электр кабелдері мен сымдарды (әлсіз ток сымдарынан басқа), жүк лифтері мен жүк көтергішге шығар есіктер қалдыруға, сонымен қатар қабырғалардың жазықтығынан баспалдақ беті мен баспалдақтар алаңшасының биіктігінде шығып тұратын қондырғылар орналастыруға рұқсат етілмейді.

Кәдімгі баспалдақ торларының көлемінде әртүрлі пайдалануға арналған бөлмелер орналастыруға рұқсат етілмейді.

Баспалдақ торларында ғимарат ауласына тікелей немесе жанасқан коридорлардан есіктері бар қалқанмен бөлектенген вестибюль арқылы шығар есіктер болуы қажет.

Эвакуациялық шығар есіктерді ортақ вестибюлі бар екі баспалдақ торларында қондырғанда кем дегенде біреуінде вестибюльден басқа тікелей сыртқа шығаратын есігі болуы қажет.

Н1 түрдегі баспалдақ торларында тікелей сыртқа шығаратын есігі болуы қажет.

Н2 және Н3 түрдегі баспалдақ торлары үшін түтінге қарсы қорғаныс қарастыру қажет.

Н2 түрдегі баспалдақ торларында ашылмайтын терезелер болуы қажет.

Түтінденбейтін Н1 түрдегі баспалдақ торларына сыртқы ауа зонасы арқылы алып баратын өтетін жерлерінің түтінденбейтіндігі конструктивтік және көлемдікжоспарлық шешімдермен қамтамассыз етілуі қажет.

Бұл өтетін жерлер ашық қажет болуы және ғимараттың ішкі бұрыштарында орналаспауы қажет.

4.1.2 Лифттер мен лифтердің шахталарына талаптар

Лифтердің өрт қауіпсіздік талаптары «Өрт қауіпсіздігінің жалпы талаптары» Техникалық регламенттің 3.7.4. бөлімімен анықталады, лифт

шахтасы мен лифтің машина бөлімінің аралығындағы қоршау конструкциялардың отқа төзімділік шегі нормаланбайды.

Лифт холы мен лифтің машина бөлмелерінде түтіндік өрт хабарлағыштарының қондырғысы қарастырылуы қажет.

Бір ғана өрт хабарлағышы іске қосылса да кішкене жүк лифтерінен басқа лифтік холлдағы лифтерді автоматты түрде «өрт қаупі» режиміне ауыстыру туралы бұйрық берілуі қажет.

Лифтер түйіскен жерге бір өрт хабарлағыштан сигнал түскен осы хабарлағыш қабатында, оған жанаса орналасқан қабаттарда, үстіңгі және астыңғы қабаттарда, шахталарда немесе лифт холлында ауаның артық қысымы берілуі қажет.

Лифт холлдарын, шахталарды және машина бөлмелерін сумен өртсөндіретін қондырғыларымен жабдықтауға тиым салынады.

4.2 Төтенше жағдай кезінде адамдарды эвакуациялау

Өрт қауіпсіздігі саласындағы нормативтік құжаттарға сәйкес келесі анықтамалар мен жіктеу қолданылады.

Өрт қауіптілігі бойынша ғимараттар келесі сыныптарға бөлінеді:

F1 - қонақүйлер, тұрғын үйлер, балабақшалар және т.б., егер олар тәулік бойы пайдаланылса;

F2 - ойын-сауық және мәдени-ағарту мекемелері (театрлар, мұражайлар, кітапханалар және т.б.);

F3 - халыққа қызмет көрсететін кәсіпорындар (сауда, тамақтану, емханалар және т.б.);

F4 - оқу орындары, ғылыми және жобалау ұйымдары, басқару мекемелері;

F5 - өндірістік және қойма ғимараттары.

Өртке қарсы тұруға арналған ғимараттар мен құрылыстар бес градусқа бөлінеді. О-тұрақсыздық дәрежесі негізгі құрылыс құрылымдарының отқа төзімділігімен және осы құрылымдарда өрттің таралу шекарасымен анықталады. Мысалы, ғимараттардың отқа төзімділік дәрежесіне байланысты жүк көтеретін қабырғалар мен бағаналардың отқа төзімділіктің минималды шегі келесідей:

Отқа төзімділіктің I дәрежесі - 2,5 сағат;

II және III дәрежелі отқа төзімділік - 2 сағат;

Отқа төзімділіктің IV дәрежесі - 0,5 сағат;

Отқа төзімділіктің V дәрежесі - уақыт стандартталмаған.

Жарылыс және өрт қауіпі бар өндірістік ғимараттар мен құрылыстар алты санатқа бөлінеді:

А және В санаты - жарылыс және өрт қауіпті өндірістер;

В санаты - өрт қауіпті өндіріс;

D санаты - ыстық, ыстық немесе балқытылған күйде жанбайтын заттар мен материалдар бар өндіріс;

D санаты - өртке қауіпті емес технологиялық процестер бар өндіріс, онда суық күйде отқа төзімді заттар мен материалдар бар;

E санаты - жанғыш газдар мен жарылғыш шаңдар бар жарылғыш өндіріс.

Өртті эвакуациялау - бұл адамдарды қауіпті өрт факторларына ұшыратуға болатын бөлмелерден тыс жерде ұйымдасқан түрде тәуелсіз жүру процесі. Эвакуация эвакуациялық шығу жолдары арқылы жүзеге асырылады.

Өрттен құтқару - өрт қауіпті факторлардың әсеріне ұшыраған немесе осы әсердің тікелей қаупі туындаған кезде адамдарды сыртқа мәжбүрлеп көшіру. Құтқару дербес, өрт сөндіру бөлімдерінің немесе арнайы дайындалған қызметкерлердің көмегімен, оның ішінде құтқару құралдарын қолдану арқылы эвакуация және авариялық шығу арқылы жүзеге асырылады.

Шығу эвакуация болып табылады, егер олар:

а) 1-қабат бөлмесінен:

- тікелей;
- дәліз арқылы;
- фойе арқылы;
- баспалдақ арқылы;
- дәліз және фойе арқылы;
- дәліз бен баспалдақ арқылы.

b) бірінші қабаттан басқа кез-келген бөлмеден:

- тікелей баспалдаққа;
- баспалдаққа апаратын дәлізге;
- баспалдаққа тікелей шығатын залға (фойеге).

в) қол жетімді болатын көрші бөлмеге.

Эвакуацияның кемінде 2 шығу есігі келесідей классификациядағы ғимараттарда болуы керек:

F1.1 (балабақшалар);

F3.3 (станциялар);

F4.1 (мектептер);

F4.2 (жоғары кәсіби оқу орындары).

Басқа кластағы ғимараттар үшін екі эвакуациялық шығудың болуы үй-жайлардың көлеміне, адам санына және басқа факторларға байланысты.

4.3 Эвакуация уақытын есептеу

Жұмыс аймағын талдау:

– жұмыс аймағының түрі: қоғамдық (мүгедектер үйі);
– жұмыс аймағының өлшемдері: 15×10×2,7 (ұзындығы, ені, биіктігі);
– жұмыс аймағының көлемі $W_п = 400$ м^3;
– жұмыс аймағының өртке төзімділігі – F3;
– жарылыс және өрт қауіпі бойынша – Г;
– адам саны N = 20;
– бөлме есігінің кеңдігі $\delta_{д.п} = 1{,}4$м;
– ғимарат есігінің кеңдігі $\delta_{д.п} = 1{,}8$м;

– дәліздің жалпы ұзындығы $L_к$ = 40м;
– дәліздің ені $\delta_к$ = 3м;
– баспалдақтың жалпы ұзындығы $L_л$ = 10м;
– баспалдақтың ені $\delta_л$ = 2м;
– 2 қабатты ғимарат;

Жұмыс бөлмелері мен ғимараттардан эвакуацияның болжамды уақыты (tp) бойынша жолдың жеке учаскелеріндегі адам ағымының қозғалысының жалпы уақыты келесі формуламен анықталады:

$$tp = t1 + t2 + t3 + \ldots + ti \quad (4.1)$$

мұндағы, t1 - ең алыс жұмыс орнынан бөлме есігіне дейінгі уақыт;
t2 - бөлменің есіктерінен өту уақыты;
t3 - дәліз бойымен есіктен баспалдаққа дейінгі қозғалыс уақыты;
t4 - баспалдақпен қозғалыс уақыты;
t5 - бірінші қабаттың дәлізі бойымен ғимараттың шығу есігіне дейінгі жүру уақыты;
t6 - ғимараттың есігінен өту уақыты.

б) Жеке бөлімдердегі адам ағымының қозғалыс уақыты формула бойынша есептеледі:

$$ti = \frac{Li}{Vi} \quad (4.2)$$

мұндағы, Li - эвакуациялық маршруттың жеке учаскелерінің ұзындығы,м;
Vi - жолдың жеке учаскелеріндегі адам ағымының қозғалыс жылдамдығы,м/мин.

в) Адам ағымының қозғалыс жылдамдығы (Vi) жолдың жеке учаскелеріндегі адам ағымының тығыздығына (Di) байланысты және 4.1 кестеден таңдалады.

4.1 кесте - Жылдамдықтың адам ағымының тығыздығына тәуелділігі

Адамның ағынының тығыздығы (Di)	Адам ағынының қозғалыс жылдамдығы (Vi), м/мин	
	көлденең жолда	баспалдақпен төмен түскенде
0,01	100	100
0,05	100	100
0,1	80	95
0,2	60	68
0,3	47	52
0,4	40	40
0,5	33	31
0,6	27	24
0,7	23	18
0,8	19	13
0,9	15	8

г) адам ағынының тығыздығы (Di) формулаға сәйкес эвакуация жолының әр бөлімі үшін есептеледі:

$$ti = \frac{N*f}{Li*i} \quad (4.3)$$

мұндағы, N - адамдардың саны;

f - адамның орташа горизонталь проекциясы (f = 0,1 м2 деп аламыз);

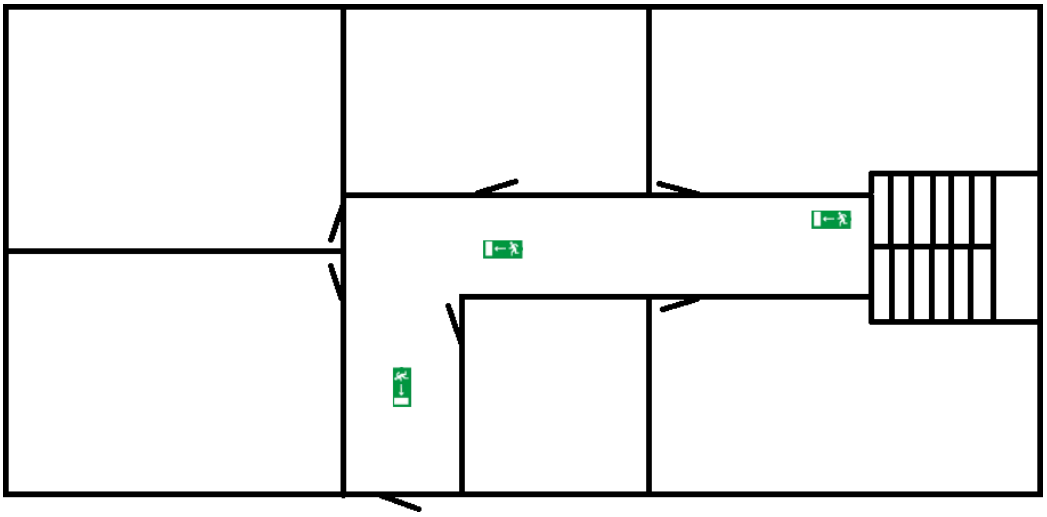
i - эвакуация жолының і-ші бөлімінің ені, м.

г) Есіктен шамамен өту уақыты келесі формула бойынша есептеледі:

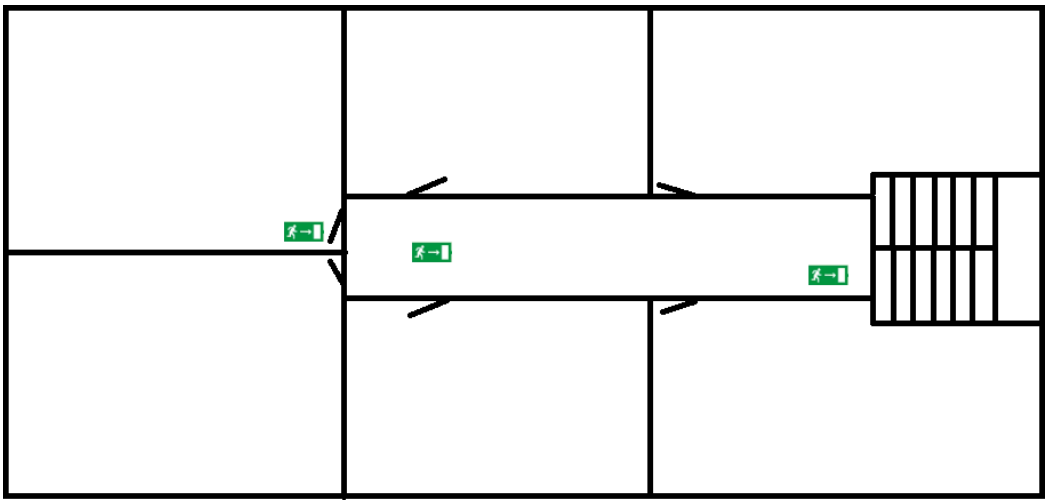
$$t\text{д. п.} = \frac{N}{\delta\text{д.п}*q\text{д.п}} \quad (4.4)$$

мұнда, δд. п - есіктің ені, м;

qд.п. - есіктің 1 м енінің өткізу қабілеттілігі (ені 1,6 м-ден аз есіктер үшін 50 адам / (м * мин) және есіктің ені 1,6м немесе одан көп болса 60 адам/(м * мин)).



4.1 сурет – 1-қабат эвакуация жоспары



4.2 сурет – 2-қабат эвакуация жоспары

Біз қозғалыстың әр бөлімі үшін параметрлерді есептейміз.

1) Ең алыс жұмыс орнынан бөлменің есігіне дейінгі қозғалыс.

$$L_1 = L_п = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{15^2 + 10^2} = 18[м] \quad (4.5)$$

мұндағы a және b - бөлменің ұзындығы мен ені.

Адам ағымының тығыздығы

Бөлмедегі өту жолдарының жиһаздардың орналасуына байланысты енін білмейтіндіктен, біз δ_1 = 1,4 м - есіктің енін аламыз:

$$D1 = \frac{N*f}{L1*\delta1} = \frac{20*0,1}{18*1,4} = 0,08 \quad (4.6)$$

Жылдамдығы: V_1 = 80 м / мин.

$$t1 = \frac{L1}{V1} = \frac{18}{80} = 0,225[мин]$$

2) Есіктен өтуі уақыты:

$$t\text{д. п.} = \frac{N}{\delta\text{д. п} * q\text{д. п}} = \frac{20}{1{,}4\text{м} * 50\text{м}/(\text{м} * \text{мин})} = 0{,}29[\text{м}]$$

3) Дәлізбен қозғалыс: L_3 = 40м.

$$D3 = \frac{N * f}{\text{L1} * \delta\text{к}} = \frac{20 * 0{,}1}{40 * 3} = 0{,}017$$

Жылдамдық (кестеден интерполяция арқылы): V3 = 100 [м/мин].

$$t3 = \frac{L3}{\text{V3}} = \frac{40}{100} = 0{,}4[\text{мин}]$$

4) Баспалдақпен қозғалыс: L_4 = 10 м.

$$D4 = \frac{N * f}{\text{L4} * \delta\text{л}} = \frac{20 * 0{,}1}{10 * 2} = 0{,}1$$

Жылдамдығы: V_4 = 95 м/мин.

$$t4 = \frac{L4}{\text{V4}} = \frac{10}{95} = 0{,}1[\text{мин}]$$

5) Ғимарат есігінен өту:

$$t\text{д. п.} = \frac{N}{\delta\text{д. п} * q\text{д. п}} = \frac{20}{1{,}8\text{м} * 60\text{м}/(\text{м} * \text{мин})} = 0{,}19[\text{мин}]$$

6) Жалпы уақыт:

tp = 1,2 + 0,29 + 0,4 + 0,1 + 0,19 = 2,18[мин]

Эвакуациялық уақытты стандарттау кезінде ғимараттың отқа төзімділігін ескереді, ғимараттың қабаттарының саны және өндіріс санаты. Ғимараттардың жұмыс бөлмесінен эвакуациялау ғимараттың көлеміне де байланысты болады (4.2-кесте).

4.2 кесте – Жұмыс аймағынан эвакуациялау үшін қажетті уақыт (тп.з.)

Жарылыс және өрт қауіп санаты	Жұмыс аймағының көлемі $W_п$ мың/м^3 бойынша I, II, III өртке төзімділік дәрежесімен эвакуация уақыты				
	15 ке дейін	30	40	50	60 және жоғары
А, Б, Е В	0,50 1,25	0,75 2	1 2	1,50 2,50	1,75 3
Г, Д	Уақытпен шектелмеген				

Жұмыс аймағының көлемі $W_п$ = 400 м^3;
Жұмыс аймағының өртке төзімділігі – F3;
Жарылыс және өрт қауіпі бойынша – Г;
Кесте бойынша анықтасақ бөлмеден шығу тп.о.з уақыты шектелмеген.
Жұмыс бөлмесінен эвакуацияның болжамды уақыты:

$$t = 0,225 + 0,29 = 0,515 мин$$

4.3 кесте - Ғимараттардан эвакуациялау үшін қажетті уақыт (t п.з.)

Санаты	Өртке қарсы I, II және III дәрежелі ғимараттардан эвакуация уақыты (тп.з.) мин
А, Б, Е	4-ке дейін
В	6-ға дейін
Г, Д	8-ге дейін

Ғимараттан эвакуацияланудың қажетті уақыты тп.з = 8 мин.

Есептеуіміз бойынша жұмыс бөлмесінен эвакуацияның нормаланған уақыты мен ғимараттан эвакуацияның қалыпты уақыты өрт қауіпсіздігінің талаптарына сәйкес келеді.

5 Экономикалық есептеу бөлімі

5.1 Жобаның сипаттамасы мен қажеттілігінің негіздемесі

Диплом жұмысында адам қимылын реттеуші экзоскелет конструкциясын тиімді жобалау мен есептеу әдістері қарастырылады.

Қазіргі заманғы технологиялар адамдардың өміріне мықтап еніп келеді және жыл сайын олардың ұстанымдары күннен-күнге нығая түсуде. Көптеген адамдар үшін олар өмірдің ажырамас бөлігіне айналды. Бұл жаман деп айту процестің тек бір жағын қарастыруды білдіреді, өйткені жаңа технологиялардың жағымсыз жақтарына қарағанда жағымды жақтары көп.

Сымсыз желілер, байланыс, күрделі бағдарламалар, импульстер және басқа да өнертабыстар әрдайым тек адам өзін жақсы сезініп, оның жұмысы барынша жеңілдетіліп, өмірі жақсаруы үшін жасалады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты: сыртқы жақтау мен жетекші бөліктердің арқасында адам бұлшықеттерінің күшін арттыру және қозғалыстардың амплитудасын кеңейту.

Экзоскелет қозғалыс кезінде күшті пропорционалды түрде арттыру үшін адамның биомеханикасын қайталайды.

Экзоскелеттің есептелуі мен құрастырылуының жалпы міндетінде келесі жағдайларды қарастырамыз:

– экзоскелет туралы түсінік;
– экзоскелетті есептеу мен құрастыруға кететін шығындарды анықтау;
– есептеу мен құрастырудың еңбек сыйымдылығы мен ұзақтығын есептеу;
– есептеу мен құрастыруға кеткен қызметкерлердің төлемақысын есептеу;
– әлеуметтік аударым есебі;
– материалдарға кеткен шығын көлемін есептеу;
– амортизациялық аударымдар;
– жұмыстың болжамдалған құнын есептеу.

5.2 Экзоскелетті есептеу мен құрастыруға кететін шығындарды анықтау

Есептеу және құрастыру жұмыстарын өткізудің өзіндік бағасын анықтау үшін келесі шығындарды есептеу қажет:

–негізгі қызметкерлердің төлемақысы (яғни жұмысқа тікелей қатысатын қызметкерлер үшін);
– қосымша төлемақы;
– еңбек қорына төлем;
– еңбек қоры төлемінен әлеуметтік салыққа түсетін аударым көлемі;
– амортизациялық аударым көлемі;
– коммуналдық төлемақылармен бірге жалдауға кеткен төлемақы құны;
– материалдарға кеткен шығын көлемі;
– сатып алушыны іздеу мен жарнамаға кеткен шығын көлемі;

– салықтар көлемі (транспорт, жол және т.б.);
– үстеме шығындардың соммасы.

5.3 Экзоскелетті есептеу мен құрастырудың еңбек сыйымдылығы мен ұзақтығын есептеу

Бұл дипломдық жұмыста адам қимылын ретттеуші экзоскелет жүйесін есептеу мен құрастыру келесі сатылардан тұрады:
– пәндік облысты зерттеу;
– экзоскелеттің түрлеріне және ең өнімді әдіске (тәсілге) анализ жасау;
– таңдалған әдістің өнімділігін есептеу;
– экзоскелетті құрастыру;
– құрылғыны сынақтан өткізу.

Еңбек сыйымдылығының кезеңдері мен жұмыс түрі бойынша аспапты дайындау (құрастыру) жұмыстарының еңбек сыйымдылығы бағаланады. Себебі бірнеше ескеру керек қиын факторлардан тұрады.

Жобаны жасауға 2 қызметкеер қатысуы керек. Олар: бас инженер және инженер-жобалаушы.

Бас инженер негізгі есептерді орындайды, сонымен қатар бас инженер жұмыс міндеттерінің орындалуын, бүкіл уақыт кезеңінде жұмыс барысын қадағалап, жұмыскерлердің үстінен қарап, қажетті кеңестер берумен айналысады. Инженер-жобалаушы құрастыру жұмыстарымен айналысып, дәнекерлеу жұмыстарына жауап береді.

Адам қимылын ретттеуші экзоскелет жүйесін құрастыру бойынша еңбек сыйымдылығына баға беру 4.1 кестеде көрсетілген.

5.1 кесте – адам қимылын ретттеуші экзоскелет жүйесін құрастыру бойынша еңбек сыйымдылығын есептеу

№	Жұмыстың мазмұны	Орындаушылар	Ұзақтығы, күн
1	Пәндік облысты зерттеу	Бас инженер Инженер-жобалаушы	7 5
2	Экзоскелеттің түрлеріне және ең өнімді әдіске анализ	Бас инженер Инженер-жобалаушы	4 3
3	Таңдалған тәсілдің өнімділігін есептеу	Бас инженер Инженер-жобалаушы	2 1
4	Экзоскелетті құрастыру	Бас инженер Инженер-жобалаушы	10 7
5	Құрылғыны сынақтан өткізу	Бас инженер Инженер-жобалаушы	2 2
6	Құрылғыны орнату	Бас инженер Инженер-жобалаушы	3 3
Барлығы			49

Жоба бойынша істелген жұмыстың еңбек сыйымдылығы:

– бас инженер – 28 адам-күн;
– инженер-жобалаушы – 21 адам-күн.

5.4 Есептеу мен құрастыруға кеткен қызметкерлердің төлемақысын есептеу

Қызметкерлердің негізгі жалақысы мына формула бойынша есептеледі:

$$Ж_{нег} = Ж_{орт} * T \quad (5.1)$$

мұндағы, $Ж_{нег}$ – қызметкерлердің негізгі жалақысы (тг.);
$Ж_{орт}$ – қызметкерлердің бір күнгі орташа жалақысы (тг.);
T – еңбек сыйымдылығы (49 адам-күн).

Бас инженер үшін негізгі жалақы құны [20]:

$$Ж_{нег} = 6000 * 28 = 168\,000 \text{ [тг].}$$

Инженер-жобалаушы үшін негізгі жалақы құны:

$$Ж_{нег} = 5000 * 21 = 105\,000 \text{ [тг].}$$

Айлық 21 жұмыс күні үшін есептелген. Негізгі жалақы есебін 5.2 кестеде көрсетілген.

5.2 кесте – Негізгі жалақы есебі

Қызметкерлер	Айлық, тг/ай.	Қызметақы тг/күн.	Еңбек сыйымдылығы, адам-күн.	Сомасы, тг.
Бас инженер	126 000	6000	28	168 000
Инженер-жобалаушы	105 000	5000	21	105 000
Қызметкерлердің негізгі жалақы $Ж_{нег}$				273 000

Қызметкерлердің демалыстары мен ауырғанына кеткен шығындарды есептеу келесі формуламен анықталады, яғни қызметкерлердің қосымша жалақысы (орташа есеппен алынғанда негізгі жалақыдан 10 %-бен есептелінеді):

$$Ж_{қос} = 0{,}1 * Ж_{нег} \quad (5.2)$$

Бас инженер үшін қосымша жалақы құны:

$$Ж_{қос} = 0{,}1 * 168000 = 16\,800 \text{ [тг].}$$

Инженер-жобалаушы үшін қосымша жалақы құны:

$$Ж_{қос} = 0{,}1 * 105000 = 10\,500 \text{ [тг].}$$

5.5 Әлеуметтік аударым есебі

Әлеуметтік салық Қазақстан Республикасының Салық туралы кодексы бойынша еңбекақы қорынан (ЕАҚ) 10 %-ды құрайды. Ал зейнетақы қорының (ЗАҚ) төлемі ЕАҚ 10 %-ын құрайды. Зейнетақы қорынан әлеуметтік салық алынбайды [21].

Еңбекақы қорын келесі өрнек арқылы есептеуге болады:

$$\text{ЕАҚ} = \text{Ж}_{\text{нег}} + \text{Ж}_{\text{қос}} \tag{5.3}$$

мұндағы, $\text{Ж}_{\text{нег}}$ – негізгі жалақы;

$\text{Ж}_{\text{қос}}$ – қосымша жалақы.

Бас инженер үшін еңбекақы қорының көлемі:

$$\text{ЕАҚ}_1 = 168000 + 16800 = 184\,800 \ [\text{тг}].$$

Инженер-жобалаушы үшін еңбекақы қорының көлемі:

$$\text{ЕАҚ}_2 = 105000 + 10500 = 115\,500 \ [\text{тг}].$$

Еңбекақы қорының жалпы сомасы:

$$\sum \text{ЕАҚ} = 184\,800 + 115\,500 = 300\,300 \text{ тг}.$$

Зейнетақы қорына (ЗАҚ) аударылым көлемі келесі формуламен есептелінеді:

$$\text{З}A\text{Қ} = EA\text{Қ} * 0{,}1 \tag{5.4}$$

мұндағы, ЕАҚ – еңбекақы қоры.

Бас инженер үшін зейнетақы қорына аударылым соммасы:

$$\text{З}A\text{Қ}_1 = 184800 * 0{,}1 = 18\,480 \ [\text{тг}].$$

Инженер-жобалаушы үшін зейнетақы қорына аударылым соммасы:

$$\text{З}A\text{Қ}_2 = 115500 * 0{,}1 = 11\,550 \ [\text{тг}].$$

Зейнетақы қорының жалпы көлемі:

$$\sum \text{З}A\text{Қ} = 18480 + 11550 = 30\,030 \ [\text{тг}].$$

Әлеуметтік салыққа аударым көлемін келесі формуламен анықтаймыз:

$$\text{С}_{\text{әлеу}} = (\text{ЕАҚ} - \text{ЗАҚ}) * 0{,}01 \tag{5.5}$$

Бас инженер үшін әлеуметтік салыққа аударым соммасы:

$$С_{әлеу1} = (184800 - 18480) * 0,1 = 16\ \ 632[тг].$$

Инженер-жобалаушы үшін зейнетақы қорына аударылым соммасы:

$$С_{әлеу2} = (115500 - 11550) * 0,1 = \ 10395[тг].$$

Әлеуметтік аударымдардың жалпы көлемі:

$$\sum С_{әлеу} = 16\ 632 + 10395 = 27027[\ тг].$$

Қызметкерлерге байланысты әлеуметтік аударымдар 5.3 кестеде көрсетілген:

5.3 кесте – Әлеуметтік аударымдар көлемі

	Еңбекақы қоры, тг.	Зейнетақы қоры, тг.	Әлеуметтік салық, тг.
Бас инженер	184800	18480	16632
Инженер-жобалаушы	115500	11550	10395
Барлығы: $\sum$ ЕАҚ, $\sum$ ЗАҚ, $\sum С_{әлеу}$	300300	30030	27027

5.6 Материалдарға кеткен шығын көлемін есептеу

Материалдық шығындарға кеткен сомма көлемін келесі формуламен анықтауға болады:

$$З_м = \sum P_i \times Ц_i \qquad (5.6)$$

мұндағы, P_i– i түрлі материалды ресурсқа кеткен шығын, натурал сандар;

$Ц_i$– i түрлі материsлды ресурстың данасының құны, тг;

i – материалдық ресурстың түрі;

n – материалдық ресурстар түрлерінің саны.

Материалдық ресурстарға кеткен шығын соммасының есептеулері 5.4 кестеде көрсетілген.

5.4 кесте – Материалдық ресурстарға және құрастыруға кеткен шығын көлемі

Материалдың атауы	Маркасы	Өлшем бірлігі	Саны	1 дана үшін бағасы, тг.	Соммасы, тг.
Компрессор [22]	AUTOPROFI AK-30	Дана	1	12600	12600
Пневмоцилиндр [23]	SDA	Дана	4	9000	36000
Пневмо-түтікше [24]	-	м	4	400	1600
Пневмотройник [25]	-	Дана	6	100	600
Пневмо-фитинг	-	Дана	6	100	600
Подшипник	-	Дана	10	800	8000
Аккумулятор [26]	WP15-12SE	Дана	1	14500	14500
2х2 темір түтікше	-	м	6	800	4800
Жалпақ темір	-	м2	1	6000	6000
Барлығы					84700

Жүк тасымалдауға кететін шығын материалдардың жалпы құнынан 10%-ды құрайды. Ол келесі формуламен анықталады:

$$С_м = З_м \times 0,1 \quad (5.7)$$

Жүк тасымалдауға кететін шығын соммасы:

$$С_м = 84700 \times 0,1 = 8470 \text{ [тг]}.$$

Жобаны толықтай жасап шығару үшін 1,96 ай уақыт қажет (49/25=1,96). Соған байланысты кеңселік ғимарат жалға алынады. Алматы қаласы бойынша ғимаратты жалға алу құны 100 000 тг көлемінде (1 айға) болады. Жобаны жасау бойынша жалдауға кеткен жалпы сомма көлемі 196 000 тг болады. Осы сомманың ішінде 30 шаршы метрге тең жұмыс аймағының:

– Электр энергиясы;
– Суық су мен ыстық су;
– Жылыту жүйесі;
– Қарауыл қызметі;
– Интернет желісі сияқты шығындар жатады.

5.7 Амортизациялық аударымдар

Амортизациялық аударымдар $С_а$ келесі формуламен анықталады:

$$C_a = Н \times Ф \quad (5.8)$$

мұндағы, Н – орташа жылдық амортизация нормасы, %;
Ф – құрылғының бастапқы бағасы, тг.

Қазақстан Республикасының салық кодексының 25.12.2017 N 120-VI ЗРК «Салықтар және бюджетке түсетін басқа төлемдер туралы» бөлімі бойынша автокөлік және құрылғылар (II топ) үшін амортизацияның шектік нормасы 25 %-ды құрайды.

Құрылғы үшін амортизациялық аударым көлемі:

$$С_{а} = 84700 \times 0{,}25 = 21\ 175\ [тг].$$

$$С_{жоба} = 300300 + 27027 + 84700 + 196000 + 21175 + 8470 = 637672тг$$

Жобаның әр кезеңіндегі шығындар соммасы 5.5 кестеде көрсетілген:

5.5 кесте – Жобаны жасауға кеткен шығындардың соммасы

Жобаның жасалу кезеңдеріндегі шығындар	Соммасы, тг.
Еңбекеқы қорының жалпы сомасы	300300
Әлеуметтік аударымдар	27027
Материалдық ресурстарға және құрастыруға кеткен шығын	84700
Жалдауға және коммуналдық қызметтерге кеткен шығын	196 000
Амортизациялық аударымдар	21 175
Тасымалдауға кеткен шығын	8470
Барлығы	637 672

5.8 Жобаның болжамдалған құнын есептеу

Жобаның ықтимал құнының көлемі өнімділіктің, қасиеттерінің және уақытысында орындалуы орындаушы мен сатып алушының қаржылық қызығушылығының деңгейіне жауап беретіндей орнатылады.

Жобаның келісілген бағасы келесі формуламен есептеледі:

$$Ц_{оі} = С_{жоба} \times (1 + \frac{Р}{100}) + ҚҚС \qquad (5.9)$$

мұндағы, $Ц_{оі}$ – жобаның келісілеrн бағасы, тг;

$С_{жоба}$ – жобаны жасауға кеткен шығын, тг;

Р – рентабельділіктің орташа деңгейі, 10 %;

ҚҚС – қолданбалы құнның салығы, 12 %.

Қолданбалы құнның салығын есептемеген кездегі құн:

$$С_{ҚҚС-сыз} = 637\ 672 \times (1 + \frac{Р}{100}) = 701\ 439{,}2[тг].$$

Жобаның қосымша бағасынан қосылатын құнның салық ставкасы келесі формуламен есептеледі:

$$ҚҚС = 701\ 439{,}2\ \times 0{,}12 = 84\ \ 172{,}704 \text{ тг.} \qquad (5.10)$$

Жобаның келісілген бағасының соммасы:

$$Ц_{oi} = 701\ 439{,}2 + 83\ 994{,}24 = 785\ 611{,}9\ [\text{тг}].$$

Жобаны толықтай жасап шығару үшін 785611,9 тг көлемінде шығын кетті.

Қорытынды

Дипломдық жобаны дайындау барысында экзоскелеттің басқару жүйесі жобаланды. Құрылғы компоненттерінің жалғануы мен бағдарламалуы барысы сипатталды.

Осы жобаның мақсаттарының бөлігі ретінде механотерапиялық құрылғылардың қазіргі даму деңгейін жүйелеу және бағалау үшін осындай құрылғылардың жіктелуі ұсынылды. Қарастырылған объектілер класының ұсынылған жіктемесі бізге олардың даму заңдылықтары мен тәсілдерін түсінуге, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін бағалауға, олқылықтарды анықтауға және оларды жақсарту бағыттарын ұсынуға мүмкіндік береді.

Жоба барысында әлемнің индустриалды дамыған елдерінің зертханаларында және ғылыми-зерттеу орталықтарында жасалған заманауи экзоскелеттік дизайнға шолу жасалды.

Осы бағыттағы жұмыстың нәтижесінде бірқатар елдердегі жетекші компаниялар, университеттер, ғылыми-зерттеу зертханалары шығаратын заманауи механотерапевтік құрылғылардың конструкциялары, жұмыс принциптері және функционалдылығы қарастырылды және жан-жақты зерттелді. Қазіргі уақытта бірқатар индустриалды елдердің ғылыми-зерттеу орталықтары мен өнеркәсіптері механотерапияның әртүрлі міндеттерін орындауға арналған осындай құрылғылардың кең спектрін ұсынады және шығарады. Медициналық құрылғылардың осы класын қолданудың өзектілігі күмәнданбайды, бірақ белсенділігі артып, оны барлық мүдделі медициналық мекемелер мен әлемнің жетекші медицина ғалымдары қолдануға ұсынады.

Сыртқы жақтау мен жетекші бөліктердің арқасында адам бұлшықеттерінің күшін арттырып және қозғалыстардың амплитудасын кеңейтеді. Экзоскелет қозғалыс кезінде күшті пропорционалды түрде арттыру үшін адамның биомеханикасын қайталайды.

Мединицида, өндірістік жұмыстарда, қарулы күштерде жұмыс атқаратын адамдардың қозғалысын жеңілдетеді.

Әдебиеттер тізімі

1 ГОСТ 16531-83 Передачи зубчатые цилиндрические. Термины, определения и обозначения

2 ГОСТ 18460-91 Пневмоприводы. Общие технические требования.

3 ГОСТ 25022-81 Редукторы планетарные. Основные параметры

4 ГОСТ 27701-88 Редукторы червячные цилиндрические. Основные параметры

5 ГОСТ 30078.1-93 Передачи волновые. Общие технические требования

6 ГОСТ Р 51191-98 Узлы протезов нижних конечностей. Общие технические требования введен 01.01.1999; в ГОСТе даны: область применения, нормативные ссылки, определения, технические требования, комплектность, маркировка, упаковка, гарантии изготовителя и приложение с формой паспорта на узлы.

7 Сайт http://www.aviton.spb.ru/catalog

8 Сайт http://www.exoatlet.ru/#!rehabilitation/c1vd5

9 Сайт jointactivesystems.com

10 Алисейчик А.П., Орлов И.А., Дейнего В.Ю., Павловский В.Е., Платонов А.К. Биомехатронный исследовательский комплекс для двигательной нейрореабилитации. Мехатроника, автоматизация, управление. 2013. № 12. С. 53-58.

11 Hill A.V. (1970) First and last experiments in muscle mechanics. Cambridge University Press: Cambridge.

12 Hill A.V. The heat of shortening and the dynamic constants of muscle.// Proc. R. Soc. B (1938). — 126, с. 136–195.

13 Сайт https://arduinomaster.ru/platy-arduino/plata-arduino-uno/

14 Сайт https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno

15 Сайт https://iarduino.ru/shop/Sensory-Datchiki/monitor-serdechnogo-ritma-ekg-ad8232.html

16 Сайт https://arduinoplus.ru/arduino-servoprivod/

17 Сайт https://arduinoplus.ru/arduino-ide-opisanie-gde-skachat/

18 Сайт https://lektsii.org/15-44906.html

19 Сайт https://www.egfntd.kz/upload/

20 Сайт https://kz.jooble.org/

21 Сайт https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=32469577#pos=66;-58

22 Сайт https://almaty.satu.kz/p64948459-kompressor-avtomobilnyj-120.html

23 Сайт https://almaty.satu.kz/p46529332-pnevmotsilindr-sda.html

24 Сайт https://almaty.satu.kz/p70476990-pnevmotrubka-12h8.htm

25 Сайт https://almaty.satu.kz/Pnevmofitingi.html

26 Сайт https://almaty.satu.kz/p63225503-akkumulyator-long.html

27 Huxley H.E., Hanson J. Changes in the cross-striations of muscle during contractions and stretch and their structural interpretation– V. 173. – N. 4412. – P. 973–976.