ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Роботтытехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Таласбек Гүлдана Сәкенқызы

«Ағаш тәрізді кинематикалық структуралы роботтың басқару алгаритмін жасау»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5В071600 – Аспап жасау мамандығы

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

SATBAYEV UNIVERSITY

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Роботтытехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ
РТжАТҚ кафедра меңгерушісі
техника ғылым кандидаты

Қ.А. Ожикенов
« 23 » мамыр 2020 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Ағаш тәрізді кинематикалық структуралы роботтың басқару алгаритмін жасау»

5В071600 – Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындады Таласбек Гүлдана

Ғылыми жетекшісі
Физ. - мат. ғыл. канд.,
қауымдастырылған профессор
Алдияров Н.У.

« 23 » мамыр 2020 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

SATBAYEV UNIVERSITY

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Роботтытехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

5В071600 – Аспап жасау

БЕКІТЕМІН
РТжАТҚ кафедра меңгерушісі
техника ғылым кандидаты

Қ.А. Ожикенов
« 23 » қаңтар 2020 ж.

ТАПСЫРМА
дипломдық жұмысты орындауға

Білім алушыға Таласбек Гүлдана Сәкенқызы
Тақырыбы: Ағаш тәрізді кинематикалық структуралы роботтың басқару алгаритмін жасау
Университет ректорының бұйрығымен бекітілген №726-б «27» қантар 2020 г.
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «15» мамыр 2020 г.
Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері: Жеңіл салмақты адам қозғалысын мүмкіндігінше қайталайтын экзоскелеттің тізе буынын жобалау.MatLab ортасында гидрожетектің математикалық моделін жасау.
Дипломдық жұмыста әзірленуге жататын мәселелер тізімі:
а) Экзоскелеттің орындаушы механизмінің кинематикалық сұлбасын ұұрастыру
б) Экзоскелеттің тізе буынына гидрожетек таңдау
в) Өтпелі процесстердің сипаттамасын алу
г) Гидрожетектің MatLab ортасында математикалық моделін алу.
Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):
7 слайд
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 20 әдебиеттер тізімі

Дипломдық жобаны дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	22.01 – 15.02.2020 ж.	Орындалды
Есептеу бөлімі	22.01 – 15.02.2020 ж.	Орындалды
Бағдарламалық бөлім	15.03 – 20.04.2020 ж.	Орындалды
Зерттеу бөлімі	15.03 – 20.04.2020 ж.	Орындалды
Қорытынды бөлім	15.03 – 20.04.2020 ж.	Орындалды

Аяқталған дипломдық жобаға және оған қытысты бөлімдерінің кеңесшілері мен қалып бақылаушының

ҚОЛТАҢБАЛАРЫ

Бөлімдердің атауы	**Ғылыми жетекшілер, кеңесшілер, (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)**	**Қол қойылған күні**	**Қол**
Қалып бақылаушы	Ж.С.Бигалиева, техника ғылымдары магистрі, лектор	23.05.2020 ж.	

Ғылыми жетекшісі Алдияров Н.У.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы Таласбек Г.С.

Күні «23» мамыр 2020 ж.

АҢДАТПА

Қазіргі таңда тірек-қимыл органдар ауруларының көбеуіне байланысты туындап жатқан медициналық аппараттардың жетіспеушілігін азайту мәселесі туындап отыр. Соған орай, экзоскелет аппаратын жасаудың қажеттілгі, әрі өзектілігі артып отыр. Экзоскелет - адамның биомеханикасын қайталайтын, сыртқы қаңқаның әсерінен адамның күшін арттыруға арналған техникалық құрылғы. Бүгінгі таңда әртүрлі жетектерді (электр жетегі, гидрожетегі, пневможетегі және олардың барлық мүмкін болатын комбинациялары) қолдана отырып құрылған экзоскелеттердің әртүрлі нұсқалары бар, алайда экзоскелеттің автономды болуын қамтамасыз етуге қабілетті борттық энергия көздерінің болмауының салдарынан,оларды қолданысқа енгізу қиындық тудырады. Экзосклет жасау барысында 2 мәселе қарастырылады: кинематикалық структурасын жасау және басқару алгоритмін құрастыру.

АННОТАЦИЯ

В настоящее время в связи с увеличением заболеваемости опорно-двигательного аппарата возникает проблема снижения дефицита медицинских аппаратов. В связи с этим возрастает необходимость и актуальность разработки экзоскелетного аппарата. Экзоскелет - это техническое устройство, предназначенное для увеличения силы человека под воздействием внешнего скелета, называемого экзоскелет, который дублирует биомеханику человека. Сегодня существуют различные версии экзоскелетов, созданные с использованием различных приводов (электроприводы, гидравлические приводы, пневматические приводы и все их возможные комбинации), но автономность экзоскелета из-за отсутствия способных бортовых источников энергии их трудно вводить в эксплуатацию. При разработке экзоскелета необходимо учитывать две проблемы: разработку кинематической структуры и управление алгоритмом.

ABSTRACT

Currently, due to an increase in the incidence of the musculoskeletal system, a problem arises of reducing the deficit of medical devices. In this regard, the need and relevance of the development of exoskeletal apparatus is increasing. An exoskeleton is a technical device designed to increase human strength under the influence of an external skeleton called an exoskeleton, which duplicates human biomechanics. Today there are various versions of exoskeletons created using various drives (electric drives, hydraulic drives, pneumatic drives and all their possible combinations), but the autonomy of the exoskeleton due to the lack of capable on-board energy sources is difficult to put into operation. When developing an exoskeleton, two problems must be considered: the development of a kinematic structure and the control of an algorithm

МАЗМҰНЫ

Кіріспе 9
1 Экзоскелеттің орындаушы механизмінің кинематикалық құрылымын синтездеу 10
2 Орындаушы механизмнің тізе бөлігіне арналған гидрожетекті есептеу. 12
2.1 Орындаушы механизмнің жүктеме диаграммасын алу 13
2.2 Гидрожетектің сыртқы механикалық сипаттамаларын алу 14
2.3 Гидрожетектің жүктеме диаграммасын алу 15
2.4 Гидроцилиндрдің есептеулері үшін бастапқы параметрлеірді алу 16
2.5 Гидроцилиндрдің оптималды параметрлерін есептеу 17
2.6 Орындаушы механизмнің конструкциялық ерекшеліктеріне негіздей отырып параметрлерді анықтау 20
3 Тізе буынына әсер ететін күш факторларын анықтау 21
4 Тізе буынының қозғалысына арналған бұрыш датчигін таңдау 22
5 Орындаушы механизмнің гидравликалық сұлбасы 23
6 Орындаушы механизмнің буынындағы ЭГСП-ның сызықтық-математикалық моделін құрастыру 24
7 ОМ тізе буынындағы ЭГБП-ның сызықтық емес-математикалықти моделінің құрасырылуы 26
Қорытынды
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі
Қосымша А
Қосымша Б
Қосымша В

КІРІСПЕ

Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрінің мәлімдемесіне сәйкес, 2018 жылы Қазақстан бойынша мүмкіндігі шектеулі жандардың саны 9 613 533-ке жеткен. Яғни көрсеткіш алдыңғы жылмен салыстырғанда 7.5%- ға артқан. Бұл тек Қазақстан бойынша алынған статистика. Көршілес орналасқан Қытайда мүмкіндігі шектеулі жандар саны 60 млн болса, Ресей мемлекетінде 10 млн-ға жетекен, ал АҚШ мемлекетінің статистикасы бүкіл халқының 19%-ын көрсетеді. Сонымен қатар жыл сайын Қазақстанда тірек қимыл жүйесінің бұзылуына байланысты дәрігерлер көмегіне жүгінетін ересектермен қатар, балалардың да саны артуда.Бұл көрсеткіштің жылдан-жылға артуы, оны өзекті мәселеге айналдырады. Ал аспан асты елі болып саналатын Қытай мен дамыған 30 елдің қатарына енген АҚШ пен Ресей секілді алпауыт мемлекеттерде де бұл статистиканың төмендемеуі, мәселенің тек Қазақстан бойынша ғана емес бүкіл әлем бойынша маңыздылығын жоғалтпағандығын білдіреді.

Экзоскелет- зақымдалған аяқ-қолдардың, атап айтқанда адамның аяқ-қолдарының бұлшықет массасын қалпына келтіруге мүмкіндік беретін және сонымен бірге терапевтік әсерге ие жоғары технологиялық жабдық болып табылады.Алайда осы уақытқа дейін қолданысқа берілген экзоскелеттердің салмағының көптігіне, қуат көзінің орындаушы механизмнен бөлек орналасуына немесе адамның іс-қимылын дөрекі қайталауына байланысты реабилитациноды мақсатта қолдану мүмкін болмай тұр. Сондықтан дипломдық жұмысымның мақсаты ретінде, жеңіл салмақты, адамның іс-қимылын мүмкіндігінше дәл қайталайтын, қолданысқа ыңғайлы экзоскелеттің тізе бөлігінің математикалық моделін жасап, басқару алгаритімін құрастыруды алдым.

Экзоскелеттің моделін жасау барысында алдыма бірнеше тапсырмалар қойдым. Атап айтқанда:

-Экзоскелеттің орындаушы механизмінің кинематикалық құрылымын синтездеу және құрастыру.

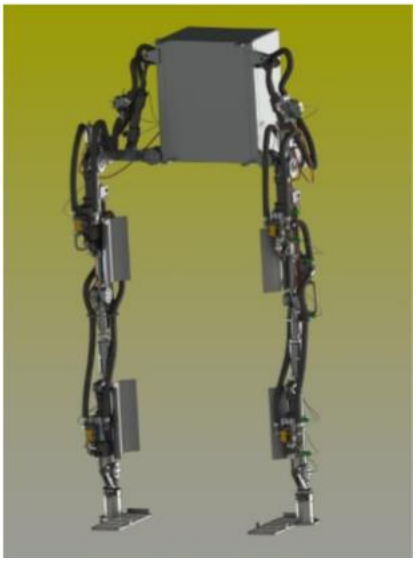
-Экзоскелеттің орындаушы механизміне сәйкес гидрожетек таңдау және математикалық моделін құрастыру.

-Тізе буынының қозғалысы кезіндегі өтпелі процесстің сипаттамасын алу.

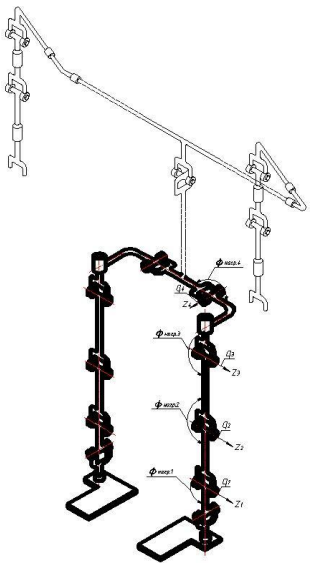
-Гидрожетектің MatLab ортасында моделін жасау және басқару алгаритімін құрастыру.

1 Экзоскелеттің орындаушы механизмінің кинематикалық құрылымын синтездеу

Адам денесінің моделі ретінде Catia (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) бағдарламалық қамтамасыздандыру пакеті ұсынған модель таңдалып алынды. Ол “Ergonomics Design & Analysis” модулінің “Human Activity Analysis” бөліміндегі автоматтандырылған жобалау жүйесі болып табылады. Catia бағдарламалық қамтамасыздандыру пакеті ұсынған модель адам қозғалысына қажетті қозғалыс дәрежелерін есептеп, әр буын координаталарының өзгеріс диапазондарын ұсынады.[1]



1.1 сурет - Адам денесінің төменгі бөлігінің Catia ұсынған моделі



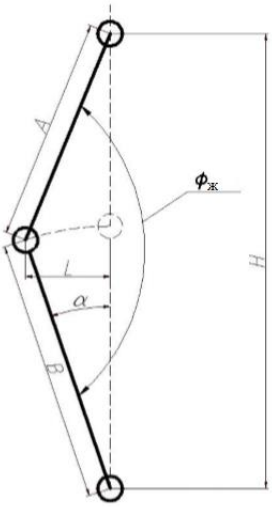
1.2 сурет - Экзоскелеттің орындаушы механизмінің кинематикалық сұлбасы

Кинематикалық синтез процесінің негізінде біз құрастырылған буындардың жалпыланған координаттарындағы және орындаушы механимзнің кинематикалық схемасындағы өзгерістер диапазоны алынды.[1]

1.1 кесте - Жобаланған буындардың жалпыланған координаталарының өзгеру диапазоны.

		Қозғалыс дәрежесінің атауы және жалпыланған координатаның өзгеру диапазонының мәні				
№	Буын атауы	Тангаж	Крен	Flexion/ extension	Abduction/ adduction	Medial rotation/ lateral rotation
1	Тобық	[- 50º ; 40º]	[- 30º ; 20º]			
2	Тізе			[0º ; 90º]		
3	Жанбас			[- 4º ; 60º]	[- 30º ; 45º]	[- 45º ; 45º]

2 Орындаушы механизмнің тізе бөлігіне арналған гидрожетекті есептеу



2.1 сурет - Орындаушы механизмнің есептеуге арналған сұлбасы

$\varphi_ж$-сан мен балтыр арасындағы бұрыш;
А және В- сәйкесінше сан және балтыр звеноларының ұзындығы;
Н- орындаушы механизмнің вертикалды күйі;
L- жүктеме әсер ететін бөлік (иық).

Косинустар теоремасына сәйкес:

$$H = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB\cos\varphi_ж}\,, \tag{2.1}$$

$$L = A\sin\alpha\ . \tag{2.2}$$

Синустар теоремасына сәйкес:

$$\frac{B}{\sin\alpha} = \frac{H}{\sin\varphi_ж}, \tag{2.3}$$

$$\sin\alpha = \frac{\mathrm{B}\sin\varphi_ж}{\mathrm{H}}. \tag{2.4}$$

(2.2) формуламен (2.4) формулаларын біріктіре отырып (2.5) формуласын аламыз.

$$L = \frac{AB\sin\varphi_ж}{H} \tag{2.5}$$

Тізе бөлігінде орналасқан гидрожетек $\varphi_ж$ бұрышына 90˚ - 180˚ аралығында қозғалуға мүмкіндік беруі қажет.

2.1 Орындаушы механизмнің жүктеме диаграммасын алу

m=200кг - жүктің массасы
A= 462мм
B= 483мм
$\varphi_{а}$=45deg- бұрыштың өзгеру амплитудасы.
$\varphi_{б}$=135 – бұрыштың бастапқы мәні.
T=1.4s – звеноның қозғалысқа жұмсаған уақыты.
□=$2\frac{\pi}{T} = 4{,}488\frac{1}{s}$ – бұрыштық жылдамдық.

Тізе буынының бұрышы гармоникалық заңға сәйкес өзгереді.

$$\varphi_{ж}(t) = \varphi_{А\,ж}\sin(\square t) + \varphi_{б\,ж} \tag{2.6}$$

Бұрыштық жылдамдық тізе буынының бұрышынан уақыт бойынша бірінші реттік туынды ағанға тең.

$$d\varphi_{ж}(t) = \varphi_{А\,ж}\square\cos(\square\, t) \tag{2.7}$$

Бұрыштық үдеу тізе буынының бұрышынан уақыт бойынша екінші реттік туынды алғанға тең.

$$dd\varphi_{ж}(t) = -\varphi_{A\,ж}\square^{2}\sin(\square t) \tag{2.8}$$

Жүктің вертикалды ось бойынша өзгеру жылдамдығы келесідей формуламен анықталады.

$$dH_{ж}(t) = \frac{AB\sin(\varphi_{ж}(t))}{\sqrt{A^2+B^2-AB\sin(\varphi_{ж}(t))}} \tag{2.9}$$

Жүктің вертикалды ось бойынша өзгері үдеуі (2.1) формуласынан уақыт бойынша екінші реттік туынды алғанға тең.

$$ddH\ \ (t) = \frac{AB\sin(\varphi_{ж}(t))}{\sqrt{A^2+B^2-2AB\cos(\varphi_{ж}(t))}}dd\varphi_{ж}(t) + \frac{AB\cos(\varphi_{ж}(t))}{\sqrt{A^2+B^2-2AB\cos(\varphi_{ж}(t))}}(d\varphi_{ж}(t))^2 - \frac{A^2B^2(\sin(\varphi_{ж}(t)))^2}{(A^2+B^2-2AB\cos(\varphi_{ж}(t)))^{\frac{3}{2}}}(d\varphi_{ж}(t))^2 \tag{2.10}$$

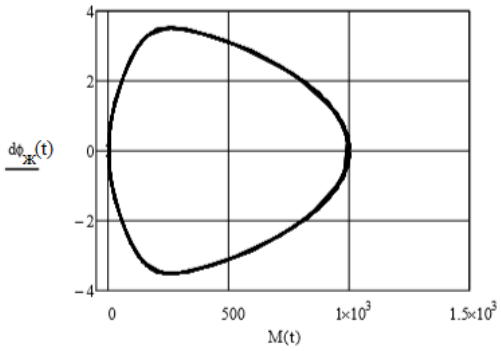
Жүктеменің әсерінен орындаушы механизмге әсер ететін куштің мәне келесі формуламен анықталады:

$$P_{ж}(t) = (g * ddH_{ж}(t)) \tag{2.11}$$

Жүктеменің әсерінен тізе буынында пайда болатын момент:

$$M = P_{ж}(t)L \tag{2.12}$$

Жоғарыда көрсетілген параметрлердің мәнін есептеп алған соң, гидрожетектің жүктеме диаграммасын тұрғызамыз.



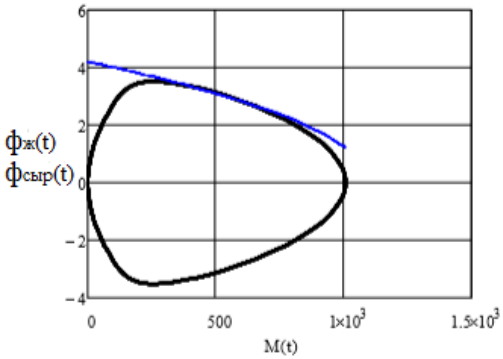
2.2 сурет - Орындаушы механизмнің жүктеме диаграммасы

2.2 Гидрожетектің сыртқы механикалық сипаттамаларын алу

Орындаушы механизмнің жүктеме диаграммасының координаталарында дроссель арқылы басқарылатын гидрожетектің сыртқы механикалық сипаттамасы парабола ретінде келтірілген және келесідей формуламен анықталады.

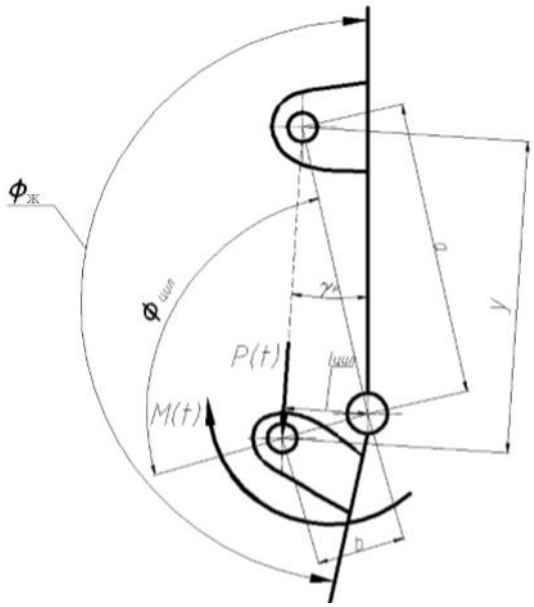
$$\phi_{\text{сырт ж}}(t) := \phi_{\text{х.х}} \cdot \sqrt{1 - \frac{M(t)}{M_T}} \tag{2.13}$$

Минималды қуат блогына сәйкес келетін сипаттаманы алу үшін, график астындағы аудан минималды болы қажет. Сонымен қатар таңдалып алынған сыртқы механикалық сипаттама орындаушы механизмнің жұмысқа жарамдылығын қамтамасыз етуі қажет



2.3 сурет - Гидрожетектің сыртқы сипаттамасы

2.3 Гидрожетектің жүктеме диаграммасын алу



2.4 сурет - Гидрожетектің жүктеме диаграммасын есептеуге арналған сұлба

a,b-гидроцилиндр бекіткіштерінің ортасынан тізе гидроцилиндірінің ортасына дейінгі қашықтық;

a=170мм

b=130мм

$\gamma_р$-тізе топсасының ортасынан өтетеін вертикалды оське түсірілген күш түзуінің бұрышы;

$Ф_{цил}$- цилиндрдің бекіту орталықтары мен тобық топсасының ортасын жалғайтын түзу сызықтар арасындағы бұрыш:

$$\varphi_ц(t) = \varphi_ж - 38^{\circ} \tag{2.14}$$

y- бекіткіш центрлерінің қашықтығы:

$$y(t) = (a^2 + b^2 - 2ab\cos(\varphi_ц(t)))^{\frac{1}{2}} \tag{2.15}$$

$l_{цил}$-тізе шарниріне қатысты Р күш иіні:

$$L_ц(t) = \frac{ab\sin(\varphi_ц(t))}{y(t)} \tag{2.16}$$

P(t)- t уақыт кезіндегі гидроцилиндрге әсер ететін күш:

$$P(t) = \frac{M(t)}{L_ц(t)} \tag{2.17}$$

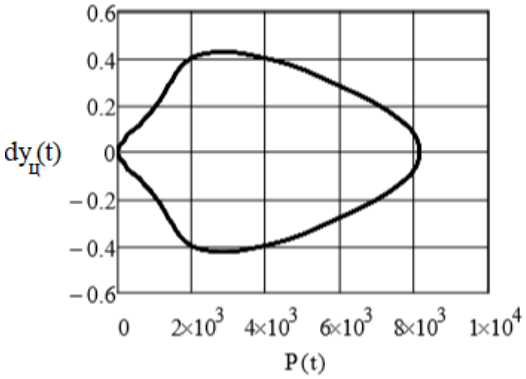
M(t)- t уақыт моментіндегі буынның моменті;
$y_ц$(t)- гидроцилиндр штогының қозғалыс жылдамдығы:

$$dy_ц(t) = d\varphi_ж(t)L_ц(t) \tag{2.18}$$

Гидроцилиндрдің әсерінен пайда болатын күш:

$$N_ц(t) = P(t)dy_ц(t) \tag{2.19}$$

Жоғарыда көрсетілген параметрледің мәнін алған соң гидроцилиндрдің жүктеме диаграммасын тұрғызамыз.



2.5 сурет - Гидроцилиндрдің жүктеме диграммасы

2.4 Гидроцилиндрдің есептеулері үшін бастапқы параметрлерді алу

Гидроцилиндрдің жүктеме диаграммасын және MathCad ортасындағы арнайы құралдарды қолдана отырып, гидроцилиндрдің есептеулеріне қажетті алғашқы параметрлерді анықтаймыз.

- P_{max}=8.174*10^3N- гидроцилиндрдің әсерінен пайда болатын күштің max мәні.

- $dy_ц(t_{max})$=0m/s – күштің max мәнге жеткен сәтіндегі штоктың жылдамдығы.

- $\varphi_ж(t_{max})$ =1.571 – күштің max мәніне сәйкес буын бұрышы.

-V_{max}=0.428m/s – штоктың max қозғалыс жылдамдығы.

-P_{max1}=2.791*10^3N- Штоктың max жылдамдығы кезінде пайда болатын күш.

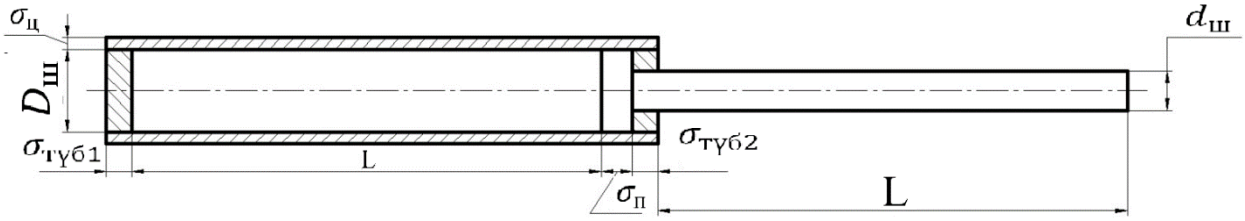
- y_{max}=0.172 – гидроқозғалтқыштың екі шеткі нүктелері арасынедағы max қозғалысы. Орындаушы механизмнің бекіткіштерінің өлшеміне және буын бұрышының өлшеміне тәуелді.

2.5Гидроцилиндрдің оптималды параметрлерін есептеу

-$p_{н} = 20$МПа- қуат қысымы;
-$p_{аг} = 0.5$МПа- ағызу қысымы;
-$P_{max} = 8174$Н-толық тежеу күші;
-20ГС2 болат-гидроцилиндр гильзасының материалы;
-$\sigma_{в} = 980$МПа-болат беріктігінің шегі.

Гидроцилиндрдің оптималды ұзындығын табу

Гидроцилиндрдің оптималды ұзындығын табу барысында гидроцилиндрдің мүмкіндігінше жеңіл салмақты болуын да есепке алуымыз қажет. Гидроцилиндрдің оптималды ұзындығын табу [2] әдісі әдебиетінде көрсетілген.



2.6 сурет - Гидроцилиндрдің оптималды параметрлерін есептеуге арналған сұлбасы

-$D_{ш} = D$-поршеньнің енінің диаметрі;
-$d_{шт}$-штоктің енінің диаметрі;
-$L =$ штоктың max жүрісі;
-$\delta_{түб1}$, $\delta_{түб2}$-гидроцилиндр түбтерінің қалыңдығы;
-$\delta_{ц}$-гидроцилиндр гильзасының қалыңдығы;
-$\delta_{п}$-поршень қалыңдығы.
Гидроцилиндрдің оптималды ұзындығын табу формуласы:

$$L_{тиім} = \sqrt[3]{\frac{k_{G1}}{k_{G4}}}. \qquad (2.20)$$

Мұндағы

$$k_{G1} = \pi\gamma_{б}\sqrt{\frac{A^3}{\pi^3(p_{н} - p_{аг})^3}}[8k_{ц}k_{түб1} + 8k_{ц}k_{түб2} + 8k_{ц}k_{п} + {k_{ц}}^2k_{түб1} + 16{k_{ц}}^2$$
$$+2k_{түб1} + 2k_{түб2} + 2k_{п} \qquad (2.21)$$

$\gamma_{\text{с}} = 77009\,\frac{\text{Н}}{\text{м}^3}$ – материалдың меншіктң салмағы.
$k_{\text{ц}} = 0.017$
$k_{\text{түб1}} = 0.134$
$k_{\text{түб2}} = 0.134$
$k_{\text{п}} = 0.26$

Осы параметрлерді (2.20) формуласына енгізе отырып келесі мәндә аламыз.

$$k_{G1} = 0.214\,\frac{m^{2*5}kg}{s^2}, \qquad (2.22)$$

$$k_{G4} = -\frac{\pi\gamma_{\text{б}}}{4} * 16 * \sqrt{\frac{k_{\text{к}}An_y(2\mu)^2}{\pi^3 k_3 E}}). \qquad (2.23)$$

k_3*=1*- гидроцилиндрдің бекітілу тәсілін есепке алатын койфицент. Біздің жағдайда гидроцилиндр шарнирдің көмегімен бекітілген. Сондықтан [3] көрсетілген заңдылықтарға сәйкес 1-ге тең деп аламыз
E=2.1*10^5МПа- шток материалының серпімділік модулі.

Жоғарыда көрсетілген параметрлерді есептей отырып k_{G4}- ің мәнін аламыз.

$k_{G4} = 44.5\,\frac{\text{кг}}{m^{0.5}s^2}$

k_{G1} мен k_{G4} міндерін (2.20) формуласына қою арқылы гидроцилиндрдің оптималды ұзындығының мәнін анықтаймыз.

$$L_{\text{тиім}} = 0.169\text{м}$$

Гидроцилиндрдің оптималды диаметрін анықтау

$$D_{\text{тиім}} = \sqrt{\frac{4A}{\pi(p_{\text{н}} - p_{\text{ағ}})L}} \qquad (2.24)$$

Мұндағы А- орындаушы механизмнің тізе бөлігінің қозғалыс дәредесінің жұмыс жасау қабілеттілігі.

$$A = M_T\varphi_m \qquad (2.25)$$

M_T -1050 Н*м –тоқтау моментінің мәні.
φ_m – 3.142 рад - $\varphi_{\text{ж}}$- ның max мәні.

(2.25) формуласынң мәнін (2.24) формуласына енгізу арқылы оптималды диаметрдің мәнін аламыз.

$D_{\text{тиім}} = 0.035\text{м}$

[3] ұсынысқа сәйкес оптималды диаметрдің мәнін бекітілген мәнге жуықтаймыз.

$D_{\text{тиім}} = 0.036_{\text{м}}$

Гидроцилиндр штогының оптималды диаметрін табу

Гидроцилиндр штогының оптималды диаметрін табу үшін келесі формуланы қолданамыз:

$$d_{\text{шт.тиім}} = 2 * \sqrt{\frac{k_{\text{к}}(p_{\text{н}} - p_{\text{аг}}) n_{\gamma} (L_p)^2}{\pi^2 k_{\text{з}} E}} * \sqrt[8]{\frac{4A}{\pi(p_{\text{н}} - p_{\text{аг}}) L_p}} = 0.01\text{м} \qquad (2.26)$$

[3] ұсынысқа сәйкес штоктың оптималды диаметрінің мәнін бекітілген мәнге жуықтаймыз.

$$d_{\text{шт.тиім}} = 0.01$$

Гидроцилиндрдің оптималды салмағын табу

Гидроцилиндрдің оптималды салмағы келесі формуламен анықталады:

$$G_{\text{г.д}} = \frac{\pi\gamma_c}{4} D_{\text{р}}{}^2 L_{\text{р}} + \pi\gamma_{\text{аг}}\left(k_{\text{ц}} D_{\text{р}}{}^2 L_{\text{р}} + k_{\text{ц}} D_{\text{р}}{}^3 k_{\text{түб1}} + k_{\text{ц}} D_{\text{р}}{}^3 k_{\text{түб2}} + k_{\text{ц}} D_{\text{р}}{}^3 k_{\text{п}} + k_{\text{ц}}{}^2 D_{\text{р}}{}^2 L_{\text{р}} + k_{\text{ц}}{}^2 D_{\text{р}}{}^3 k_{\text{түб1}} + k_{\text{ц}}{}^2 D_{\text{р}}{}^3 k_{\text{түб2}} + k_{\text{ц}}{}^2 D_{\text{р}}{}^3 k_{\text{п}}\right) + \frac{\pi\gamma_c}{4} D_{\text{р}}{}^3 k_{\text{түб1}} + \frac{\pi\gamma_c}{4} k_{\text{түб2}}\left(D_{\text{р}}{}^3 - d_{\text{шт.тиім}}{}^2 D_{\text{р}}\right) + \frac{\pi\gamma_c}{4} k_{\text{п}} D_{\text{р}}{}^3 = 15.399N \qquad (2.27)$$

Гидроцилиндр түбтерінің оптималды мәнін табу

Гидроцилиндр түбтерінің формасына тәуелді коэфицент бір-біріне тең болғандықтан, гидроцилиндр түбтерінің оптималды мәні бір-біріне тең.

$$k_{\text{ф1}} = k_{\text{ф2}} \qquad (2.28)$$

$$\sqrt{\frac{p_{н}-p_{аг}}{[\sigma_{рук}]_{б}}}D = \sqrt{\frac{K_{ф2}p_{н}}{[\sigma_{рук}]_{б}}}D \quad (2.29)$$

$$\delta_{түб1} = \delta_{түб2} = 5мм \quad (2.30)$$

Гидроцилиндр поршенінің оптималды ұзындығын табу

Гидроцилиндр поршенінің оптималды ұзындығын табу үшін төменде көрсетілген формула қолданылады:

$$\delta_{п} = \sqrt{\frac{(p_{н}-p_{аг})n}{\sigma_{в}}} * D_{р} \quad (2.31)$$

$$\delta_{п} = 9.5 \text{ мм} \quad (2.32)$$

Гидроцилиндің гильза қабырғаларының оптималды қалыңдығы

Гидроцилинрдің гильза қабырғаларының оптималды қалыңдығын табу үшін:

$$\delta_{ц1} = \frac{P_{H}*n}{2\sigma_{в}}D_{p} = 1.286_{MM} \quad (2.33)$$

$$\delta_{ц} = 6.795 * 10^{-4}м \quad (2.34)$$

$$\frac{\delta_{ц}}{D_{p}} \leq 0.1 \quad (2.35)$$

(2.35) сәйкес гильза қабырғаларын жұқа деп аламыз.

$$\delta_{ц.р} = 3.2 \text{ мм}$$

2.6 Орындаушы механизмнің конструкциялық ерекшеліктеріне негіздей отырып параметрлерді анықтау

Жоғарыда алынған параметрлер гидроцилиндрге тек минималды салмақты қамтамасыз етуге негізделіп есептелді. Енді гидроцилиндрдің конструкциялық ерекшеліктеріне мән бере отырып параметрлер есептелінеді.

$D_{ц} = 25$мм- Толық тоқтау күшінің шарттарына сәйкес гидроцилиндрдің ішкі диаметрі келесі формуламен анықталады

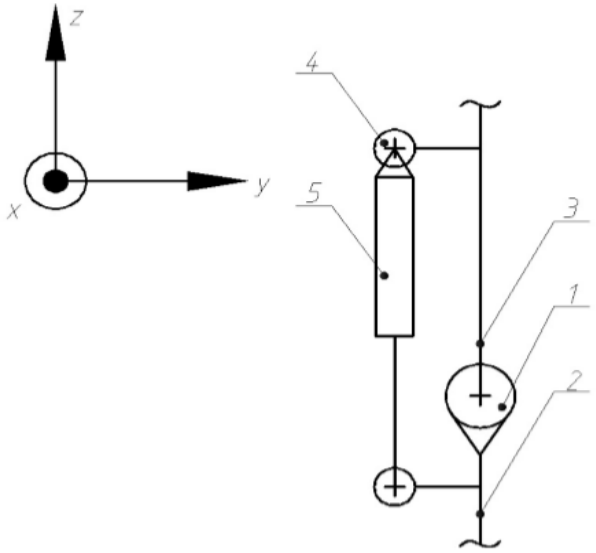
$d_{шт} = 18$мм

$\delta_{ц} = 7.5$мм,

3 Тізе буынына әсер ететін күш факторларын анықтау

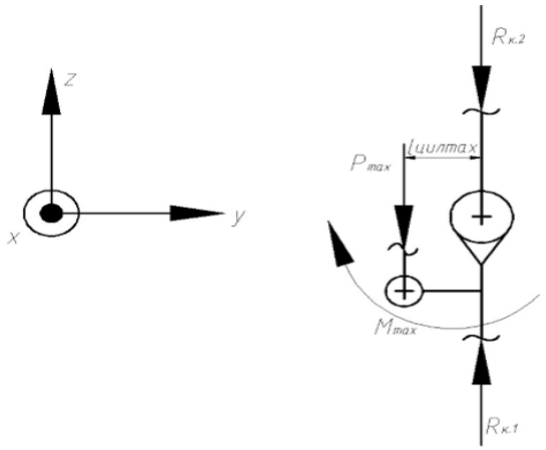
Орындаушы механизмнің жүктеме диаграммасынан гидроцилиндрдің әсерінен пайда болатын күштің максималды мәні белгілі:

P_{max}=8174



3.1 сурет - Тізе буынының принципиалды сұлбасы

1-х-осі бойынша қозғалысты қамтамасыз ететін шарнир;
2-балтыр;
3-сан;
4-гидроцилиндрдің бекіткіші;
5-тізе буынының гидроцилиндрі.



3.2 сурет - Тізе буынына әсер ететін күштер

R_{k1}- экзоскелет корпусының төменгі бқлігінен әсер ететін күш реакциясы;
R_{k2}- экзоскелет корпусының жоғарғы бөлігінен әсер ететін күш реакциясы.

4 Тізе буынының қозғалысына арналған бұрыш датчигін таңдау

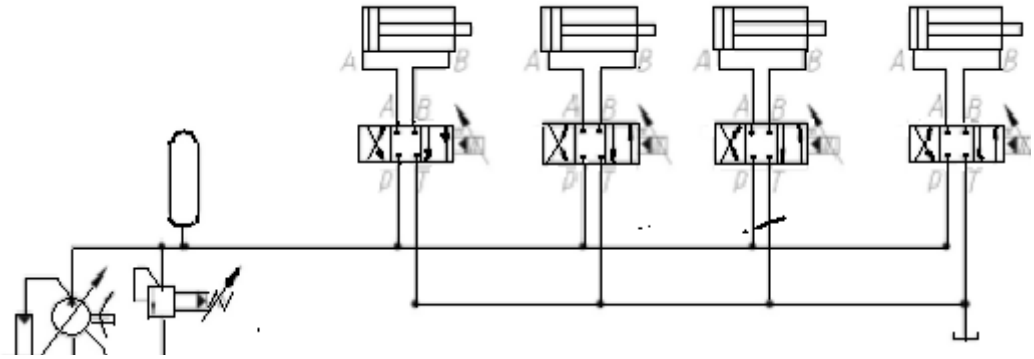
Тізе буынының негізгі шарнирінің размеріне сәйкес габариттерді мүмкіндігінше азайту мақсатында вал ішіне ЛИР МИ-208 бұрыштық орын ауыстыру датчигі орнатылды.

4.1 сурет - ЛИР МИ-208 бұрыштық орын ауыстыру датчигі

Корпус диаметрі-8мм;
Қуат-5В.

5 Орындаушы механизмнің гидравликалық сұлбасы

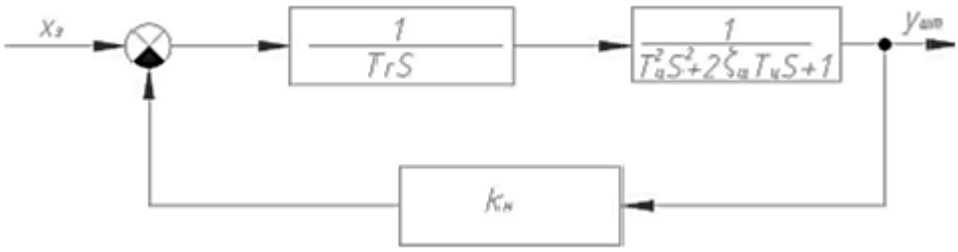
Орындаушы механизмнің гидравликалық сұлбасында насостың борттық насосты станцияның, қысым реттегішінің, гидравликалық аккумлятордың және гидравликалық реттегіштің орналасуы көрсетілген.



5.1 сурет - Орындаушы механизмнің гидравликалық сұлбасы

6 Орындаушы механизмнің буынындағы ЭГБП-ның сызықтық-математикалық моделін құрастыру

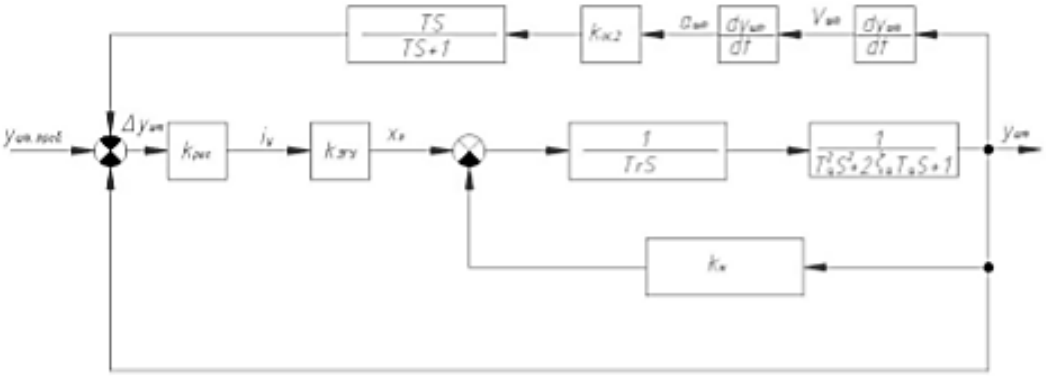
Жобаланып жатқан гидрожетектің динамикалық сипаттамасының ерекшеліктерін анықтау үшін, ЭГБП-ның сызықтық-математикалық сұлбасын алу қажет. ЭГБП-ның сызықтық-математикалық сұлбасын алу барысында [4] көрсетілген тәсілді қолданамыз.



6.1 сурет - ЭГБП-ның күш бөлігінің структуралық сұлбасы

Дроссель арқылы басқарылатынгидрожетектің күш бөлігінің динамикалық процесстері келесі теңдік арқылы жазылады:

$$\mathrm{T_г}S\left(\mathrm{T_г}S^2 + 2\varsigma_{\text{ц}}\mathrm{T_ц}S + 1\right)y_{\text{шт}}(S) = x_{\text{з}}(S) - k_{\text{н}}y_{\text{шт}}(S) \qquad (6.1)$$

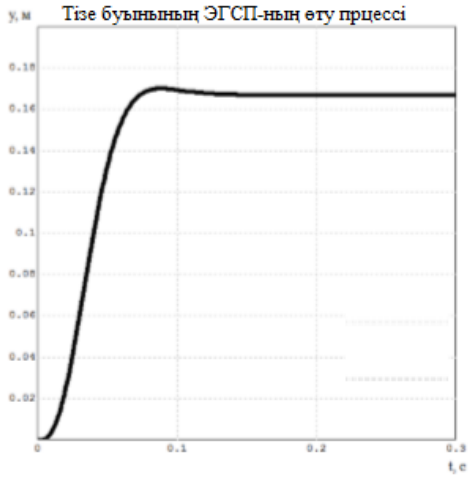


6.2 сурет - ГЦ-ның қысымының өзгеруіне байланысты басқарылатын кері байланысы бар ЭГБП-ның структуралық сұлбасы

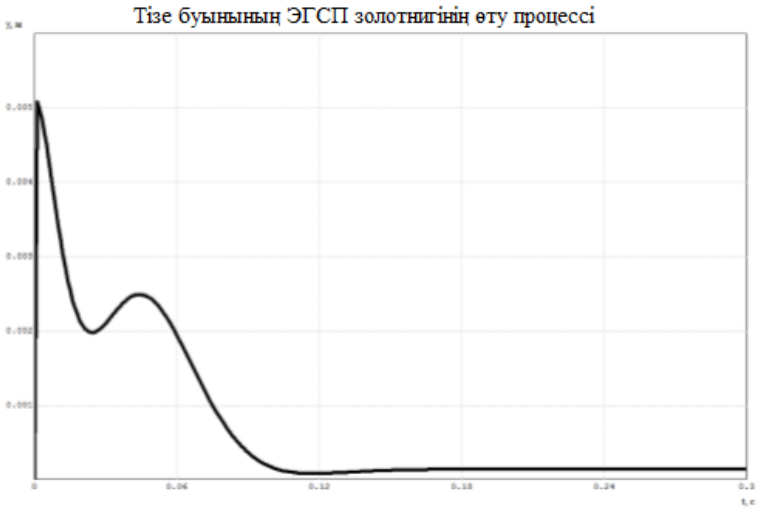
Төменде тізе буынының ЭГБП-ның өту процесстерінің сипаттамалары келтірілген.

$k_{\text{рег}} = 1.35$-регулятордың күшейту коэффициенті;

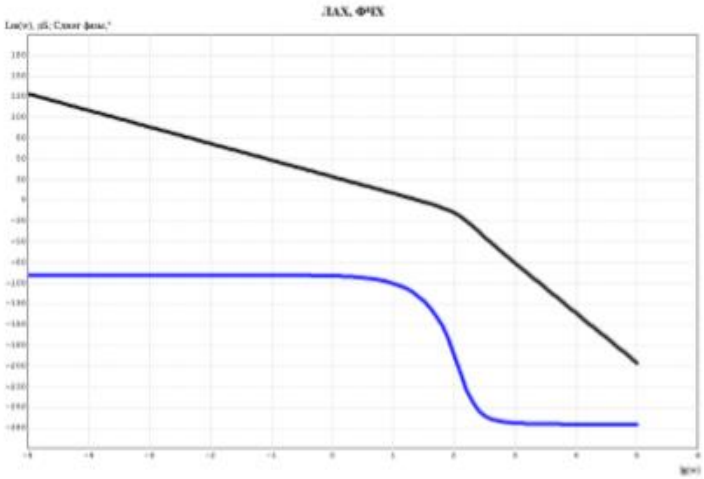
$T = 0.064$с-өтпелі үрдістің уақыты.



6.3 сурет - ГЦ-ның қысымының өзгеруіне байланысты басқарылатын кері байланысы бар тізе ЭГБП-ның өтпелі процессі



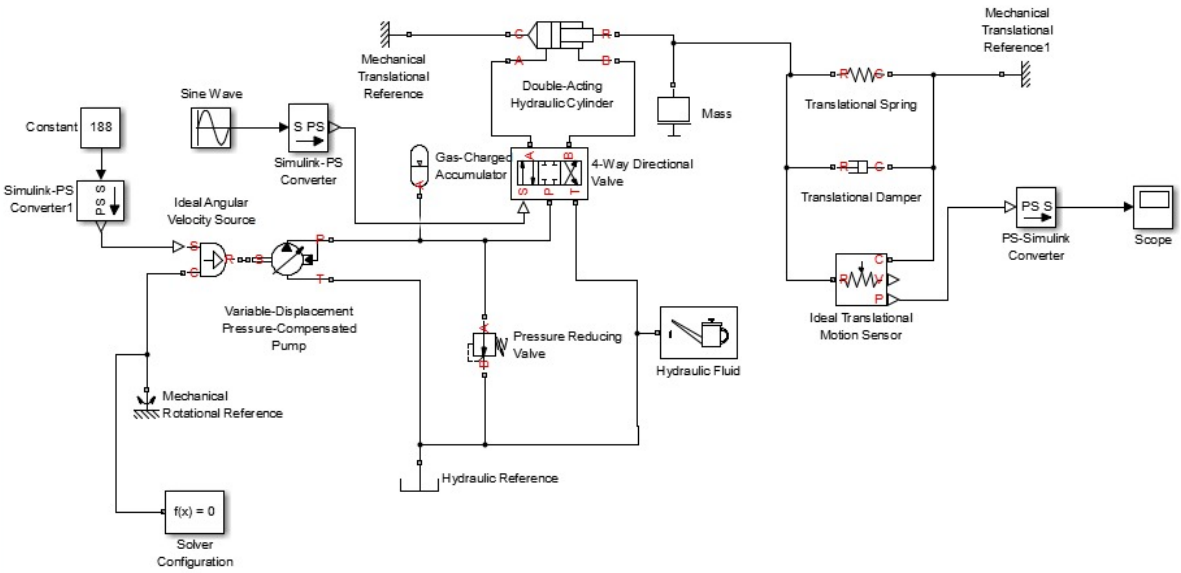
6.4 сурет - ГЦ-ның қысымының өзгеруіне байланысты басқарылатын кері байланысы бар тізе ЭГБП-ның золотнигінің өтпелі процессі



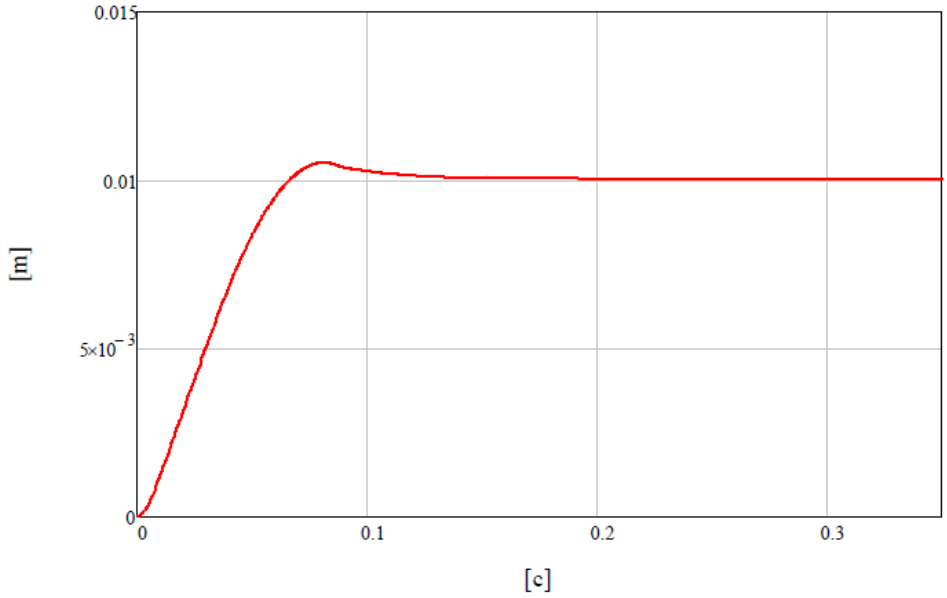
6.5 сурет - ГЦ-ның қысымының өзгеруіне байланысты басқарылатын кері байланысы бар тізе ЭГБП-ның жиілік сипаттамасы

7 Орындаушы механизмнің тізе буынындағы ЭГБП-ның сызықтық емес математикалық моделін құрастыру

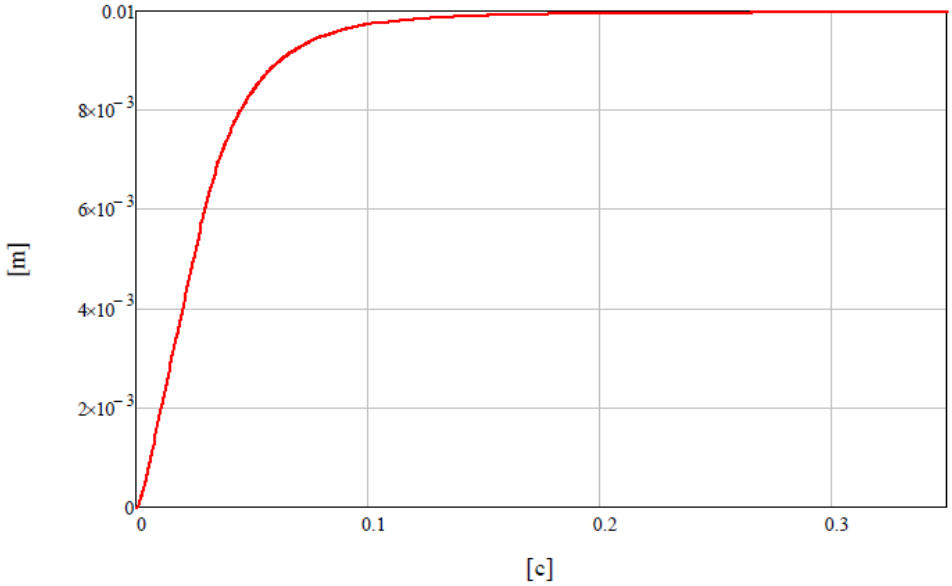
Төменде ОМ тізе буынындағы ЭГБП-ның сызықтық емес-математикалық моделінің MatLab ортасында жиналған сұлбасы келтірілген.



7.1 сурет - ОМ тізе буынындағы ЭГБП-ның сызықтық емес-математикалық моделінің құрасырылуы



7.2 сурет - Өтпелі шток бар тізе ЭГБП өтпелі процесі



7.3 сурет - Өтпелі штогы жоқ тізе ЭГБП өтпелі процесі

ҚОРЫТЫНДЫ

Жоғарыда жүргізілген есептеулердің арқасында, дипломдық жұмысты бастау барысында алдыма қойылған мәселелердің нәтижесін алдым.

1 тапсырма бойынша экзоскелеттің орындаушы механизмінің кинематикалық сұлбасын құру бойынша жұмыстар жүргізіп, натижесінде адам денесінің CATIA ұсынған моделінің кинематикалық структурасы тұрғызылды.

2-тапсырма бойынша гидрожетектің жүктеме диаграммасы тұрғызылды. Гидроцилиндрдің минималды салмағына негізделіп, сонымен қатар конструкциялық ерекшеліктеріне мән бере отырып гидрожетектің оптималды параметрлеірне есептеулер жүргізілді.

3-тапсырма бойынша MatLab орасында тізе буынының қозғалысы кезіндегі өтпелі процесстің сипаттамасы алынды.

4-тапсырма бойынша MatLab ортасында ЭГБП-ның сызықтық емес математикалық моделі тұрғызылып, ЭГБП-ның өтпелі процесстерінің сипаттамасы алынды.

Алынған нәтижелердің негізінде орындаушы механизмнің тізе буынынң гидрожетегі жобаланып математикалық моделі тұрғызылды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ж.Н. Исабеков, А.О.Ермекбаева, А.К.Ковальчук «Тірек бетінің реакциясын ескере отырып экзоскелеттің атқарушы механизмінің динамикасын есептеу» Бауман атындағы Мәскеу мемлекеттік техникалық университет, Мәскеу, Ресей 2017

2.А.К. Ковальчуг. Динамика гидро-пневмоприводов. Бауман атындағы Мәскеу мемлекеттік техникалық университет. 1986

3.ГОСТ 14254-96 “Степени защиты, обеспечиваемые оболочками”. 2. ГОСТ 12.1.038-82 “Электробезопасно

4.Д.Н. Попов. Механика гидро и пневмосистем Бауман атындағы Мәскеу мемлекеттік техникалық университет 2002

5. Д.Н. Попов: “Расчёт и проектирование следящего электрогидравлического привода с дроссельным регулированием”, Бауман атындағы Мәскеу мемлекеттік техникалық университет, 1990ж.

6.А.К.Ковальчук, Д.Б.Кулаков, С.Е.Семёнов: “Управление исполнительными системами двуногих шагающих роботов”. Бауман атындағы Мәскеу мемлекеттік техникалық университет. 2007 ж. 160б., ил

7. В.А. Марутов, С.А. Павловский: “Гидроцилиндры: конструкция и расчёт”. М.: машина жасау. 1966ж. 180б.

8. Курс семинарских занятий Д.Н.Попова по дисциплине: “Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем”, 2011 уч.г.

9. https://studfile.net/preview/6180863/

10. В.А. Марутов, С.А. Павловский: “Гидроцилиндры: конструкция и расчёт”. Машинажасау. 1966ж. 180б

11.А.К.Ковальчук, Д.Б.Кулаков, С.Е.Семёнов: “Управление исполнительными системами двуногих шагающих роботов”. Бауман атындағы Мәскеу мемлекеттік техникалық университет 2007 ж. 160б.

12. https://studbooks.net/2119191/

13. Д.Н. Попов: “Механика гидро- и пневмосистем”, 2-шығарылым. Бауман атындағы Мәскеу мемлекеттік техникалық университет, 2002ж. – 320б

14. Д.Н.Попов: “Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем”, Машина жасау, 1987ж.464б

15. Д.Н. Попов: “Механика гидро- и пневмосистем”2-шығарылым. Бауман атындағы Мәскеу мемлекеттік техникалық университет. 2002ж. – 320 б

16.http://stroy-technics.ru/article/apparatura-upravleniya-gidroprivodami-avtomobilnogo-krana

17. https://sitekid.ru/izobreteniya_i_tehnika/roboty/ekzoskelety.html

18. https://b-ok.org/book/2849022/d35913

19. http://www.hydro-pnevmo.ru/topic.php?ID=41

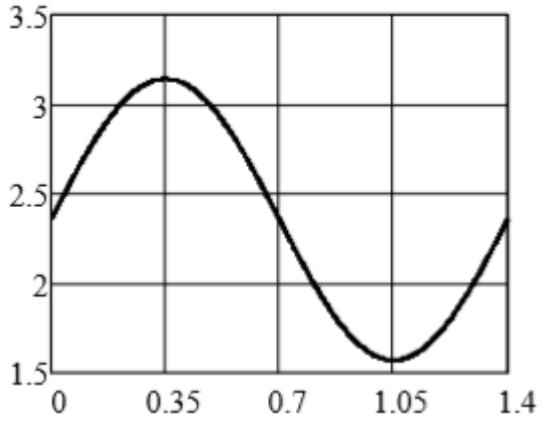
20. http://www.hydronik.ru/stati/principy-raboty-gidrocilindra

ЭГБП- Электрогидравликалық басқарушы привод
ОМ- Орындаушы механизм

Қосымша А

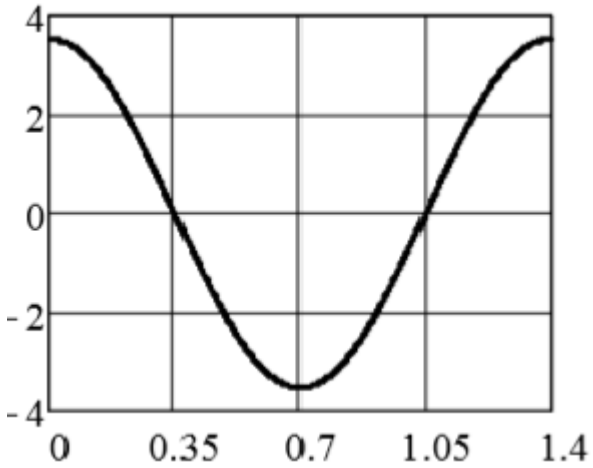
Орындаушы механизмнің жүктеме диаграммасын есептеу

$\varphi_{ж}(t) = \varphi_{А\,ж} \sin(\square t) + \varphi_{б\,ж}$



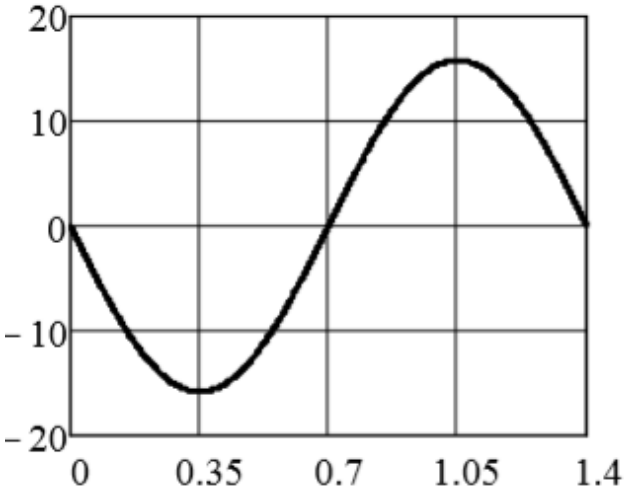
А1 Сурет - Тізе буынының өзгеру бұрышы

$d\varphi_{ж}(t) = \varphi_{А\,ж}\square \cos(\square\, t)$



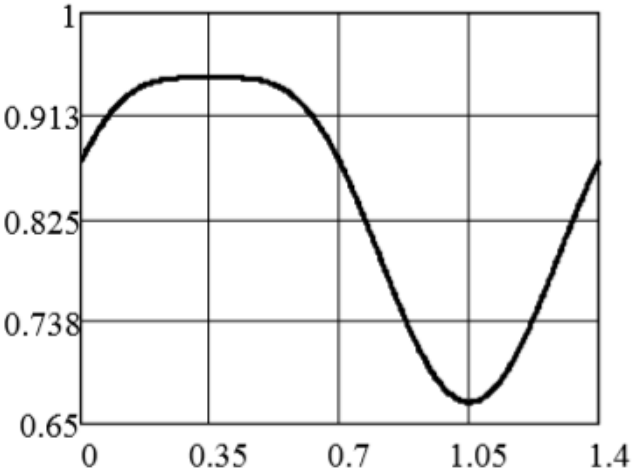
А2 Сурет - Буынның бұрыштық жылдамдығының өзгеру сипаттамасы

$$dd\varphi_{ж}(t) = -\varphi_{A\,ж}\square^2 \sin(\square t)$$



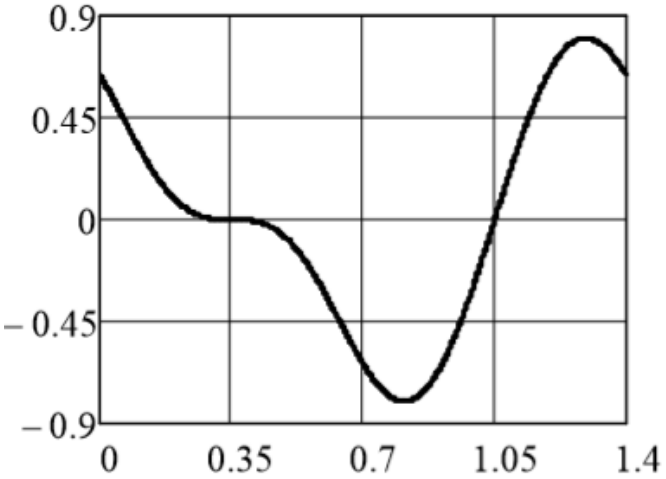
А3 Сурет - Буынның бұрыштық үдеуінің өзгеру сипаттамасы

$$H = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB\cos\varphi_{ж}}$$



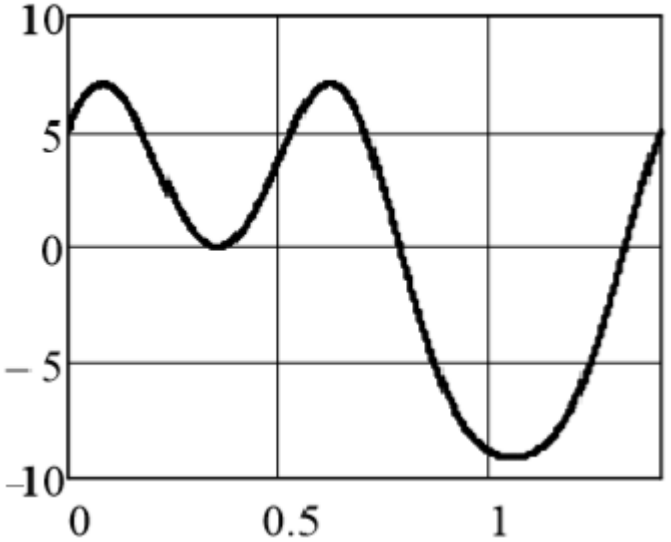
А4 Сурет - Жүктің вертикал ось бойынша өзгеруі

$$dH_{ж}(t) = \frac{AB\sin(\varphi_{ж}(t))}{\sqrt{A^2 + B^2 - AB\sin(\varphi_{ж}(t))}}$$



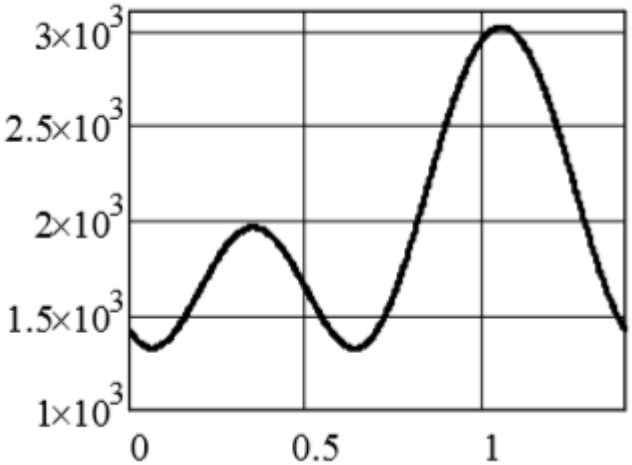
А5 Сурет - Жүктің вертикалды ось бойынша өзгеру жылдамдығы

$$ddH\ \ (t) = \frac{AB\sin(\varphi_{ж}(t))}{\sqrt{A^2 + B^2 - 2AB\cos(\varphi_{ж}(t))}} dd\varphi_{ж}(t) + \frac{AB\cos(\varphi_{ж}(t))}{\sqrt{A^2 + B^2 - 2AB\cos(\varphi_{ж}(t))}} (d\varphi_{ж}(t))^2 - \frac{A^2B^2(\sin(\varphi_{ж}(t)))^2}{(A^2 + B^2 - 2AB\cos(\varphi_{ж}(t)))^{\frac{3}{2}}} (d\varphi_{ж}(t))^2$$



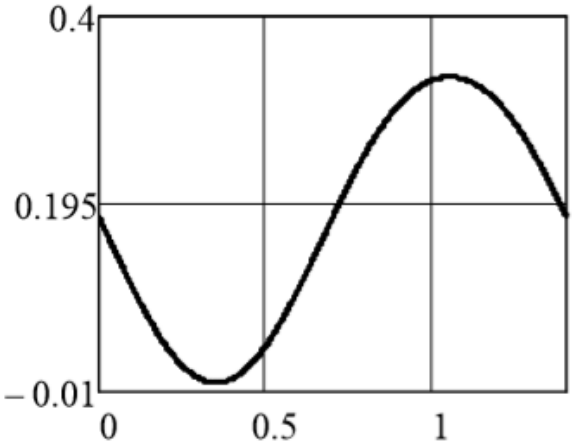
А6 Сурет - Жүктің вертикал ось бойынша өзгеру үдеуі

$P_{ж}(t) = (g * ddH_{ж}(t))$



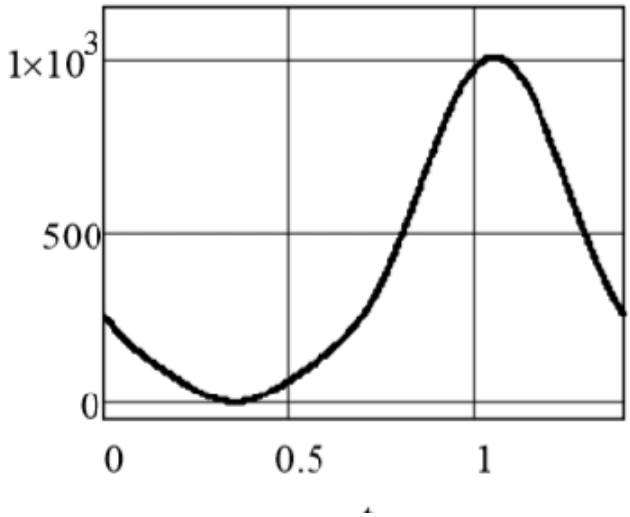
А7 Сурет - Жүктеменің әсерінен ОМ әсер ететін күштің сипаттамасы

$$L = \frac{AB \sin \varphi_{ж}}{H}$$



А8 Сурет - Жүктеме иінінің өзгеру сипаттамасы

$$M = P_{ж}(t)L$$

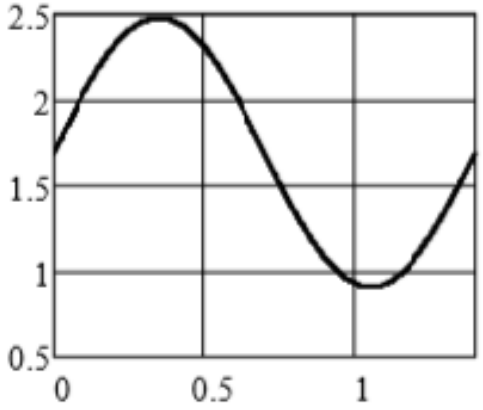


А9 Сурет - Жүктеменің әсерінен пайда болатын момент

Қосымша Б

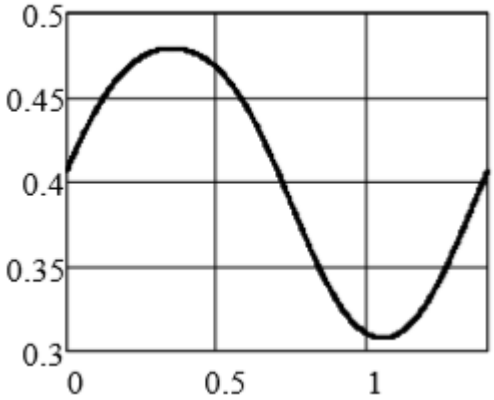
Гидрожетектің жүктеме диаграммасын алу

$\varphi_{ц}(t) = \varphi_{ж} - 38^{\circ}$



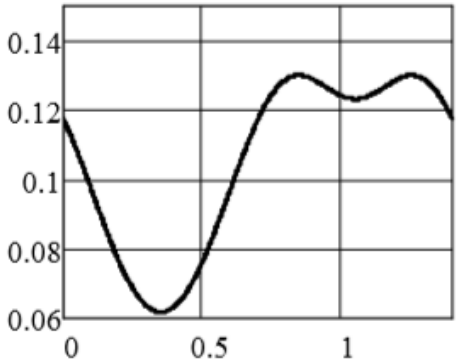
Сурет Б1 - Тізе шарнирінің ортасымен цилиндр бекіткіштерінің ортасын қосатын түзулер арасындағы бұрыш

$y(t) = (a^2 + b^2 - 2ab\cos(\varphi_{ц}(t)))^{\frac{1}{2}}$



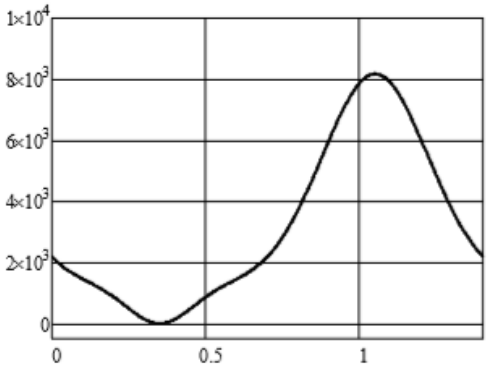
Сурет Б2 - Бекіткіш центрлерінің қашықтығы

$$L_{ц}(t) = \frac{ab\sin(\varphi_{ц}(t))}{y(t)}$$



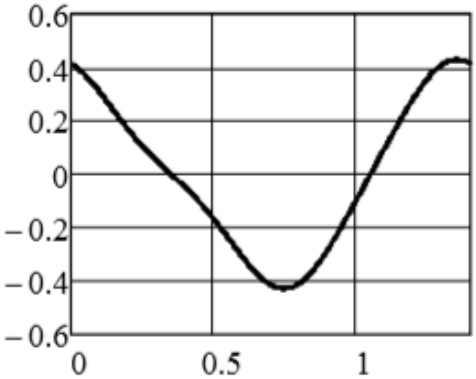
Сурет Б3 - Тізе шарниріне қатысты Р күш иіні

$$P(t) = \frac{M(t)}{L_{ц}(t)}$$



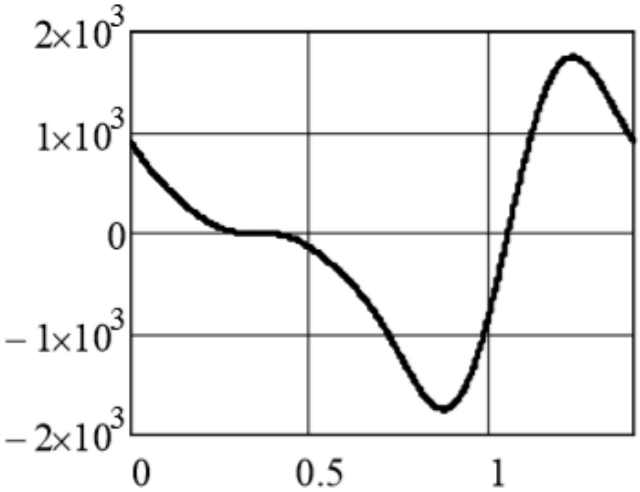
Сурет Б4 - Уақыт кезіндегі гидроцилиндрге әсер ететін күш

$$dy_{ц}(t) = d\varphi_{ж}(t)L_{ц}(t)$$



Сурет Б5 - Гидроцилиндр штогының қозғалыс жылдамдығы

$N_{ц}(t) = P(t)dy_{ц}(t)$



Сурет Б6 - Гидроцилиндрдің әсерінен пайда болатын күш

Қосымша В

Гидроцилиндрдің параметрлерін есептеу

1.Гидроцилиндрдің әсерінен пайда болатын күштің max мәніні табу:

$$t = T$$

$$t \geq 0$$

$$t_{max} = maximize(P, t)$$

$$t_{max} = 1.05s$$

$$P_{max} = P(t_{max})$$

2.Штоктың максималды жылдамдығын анықтау:

$$t \geq 0$$

$$t_{max1} = maximize(dy_{ц}, t)$$

$$t_{max1} = 1.353s$$

$$dy_{цmax} = dy_{ц}(t_{max1})$$

$$P_{max1} = P(t_{max1})$$

3.Гидрожетектің екі шеткі нүкелер арасында максималды қозғалсын табу:

$$t \geq 0$$

$$t \leq T$$

$$t_{max2} = 0.35s$$

$$t_{min} = Minimize(y, t)$$

$$t_{min} = 1.05s$$

$$y_{max} = y(t_{max}) = 0.479м$$

$$y_{min} = y(t_{min}) = 0.308м$$

$$\Delta y = y_{max} - y_{min} = 0.172м$$

4. Гидроцилиндрдің оптималды ұзындығын есептеу:

$$\gamma_{\text{с}} = \rho_{cn} g$$

$$k_{\text{ц}} \geq \frac{P_H}{2\left[\sigma_{\text{қос}}\right]_{\text{б}}} D = \frac{P_H n}{2\left[\sigma_{\text{в}}\right]_{\text{б}}} D$$

$$k_{\text{түб1}} = \sqrt{\frac{k_{\text{ф1}} P_H}{\left[\sigma_{\text{қос}}\right]_{\text{б}}} D} = \sqrt{\frac{k_{\text{ф1}} P_H n}{\left[\sigma_{\text{в}}\right]_{\text{б}}} D}$$

$$k_{\text{түб2}} = \sqrt{\frac{k_{\text{ф2}} P_H}{\left[\sigma_{\text{қос}}\right]_{\text{б}}} D} = \sqrt{\frac{k_{\text{ф2}} P_H n}{\left[\sigma_{\text{в}}\right]_{\text{б}}} D}$$

$$k_{\text{п}} = \sqrt{\frac{P_H - P_{\text{тө}}}{\left[\sigma_{\text{қос}}\right]_{\text{б}}} D} = \sqrt{\frac{(P_H - P_{\text{тө}}) n}{\left[\sigma_{\text{в}}\right]_{\text{б}}} D}$$