

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ
ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ І
МЕХАНОТРОНІКИ**

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри ПГМ
_____ Олександр ЛУГОВСЬКИЙ
“ ____ ” _____ 2022 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**за освітньо-професійною програмою «Автоматизовані та роботизовані
механічні системи»**

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: _____ **Гідравлічний привод екзоскелету** _____

Виконав : студент 2 курсу, групи МА-11мп
(шифр групи)

_____ Маціяки Сергія Юрійовича _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник: доцент, к.т.н., Муращенко А.М. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант Тех. маш. _____ Кореньков В.М. _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2022 рік

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри ПГМ

_____ Олександр ЛУГОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Маціяці Сергію Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: **Гідравлічний привод екзоскелету** _____

науковий керівник дисертації _____ Муращенко Альона Миколаївна, к.т.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «_04_»_11_ 2022 р. № 4055-с _____

2. Термін подання студентом дисертації: 13.12.2022 _____

3. Об'єкт дослідження: Гідравлічний привод екзоскелету _____

4. Вихідні дані: Робочий тиск системи – 1 МПа, Зусилля на штоці – 550 кН, Робоча рідина - МГЕ-46В, Витрата насосу – від 1,5 до 8,4 л/хв , Температура експлуатації 0 до +40 °С, Хід поршня - 200 мм _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

1. Провести пошуковий аналіз різних приводів мобільних агрегатів, зокрема гідравлічних. 2. Зробити аналіз переваг та недоліків. 3. Розробити схему гідравлічну схему приводу біцепса екзоскелета. 4. Зробити підбір робочої рідини для гідро схеми екзоскелету. 5. Виконати передпроектний розрахунок гідравлічного приводу. 6. Зробити креслення циліндру за проведеними розрахунками. 7. Виконати технологічну частину. 8. Провести роботу над розділом охорони праці. 9. Виконати розділ стартап-проекту. _____

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу 8-12 плакатів включаючи креслення _____

7. Орієнтовний перелік публікацій _1 стаття _____

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологія машинобудування	Кореньков В.М., к.т.н., доцент кафедри ТМ		

9. Дата видачі завдання: _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Студент

Науковий керівник

Пояснювальна записка до магістерської дисертації

На тему: Гідравлічний привод екзоскелету

Маціяка Сергій Юрійович

Київ 2022

Реферат

В даній дисертації магістерської роботи представлено аналіз різних мобільних приводів, які створені для допомоги людині. *Актуальність наукового* дослідження полягає в розробці більш легкої конструкції екзоскелету в порівнянні з існуючими, що дає переваги у полегшенні носію даної конструкції, економії у виробництві екзоскелетів, так як на сьогодні вони є досить коштовними і більш застосовуються у військових цілях, а не на виробництвах.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є досягнення мінімізованих затрат, полегшення конструкції, завдяки розробці більш легких (відповідно отримати зменшену масу агрегату) гідравлічних складових системи екзоскелету, а саме вузла, що відповідає за силову біцепсної частини. Відповідно до цього поставлено і виконано наступні задачі:

- Провести підбір матеріалів для гідравлічного розрахунку біцепсу екзоскелету;
- Створити гідравлічну схему біцепсу екзоскелету;
- Виконати розрахунок циліндру біцепсу, з підбором металу, врахувати товщину мінімальну стінок, щоб забезпечити задані зусилля, тиски та міцність конструкції;
- Виконати порівняння розрахунків гідравлічних, для різної товщини стінок та різних рідин;
- Спроекувати гідравлічний циліндр відповідно до отриманих розрахунків;
- Виконати деталювання вузлової частини, з проведенням технологічної частини;
- Виконати розділ охорони праці;
- Виконати стартап-проект.

Представлені різної сфери застосування приводів, зокрема із використанням гідравлічних вузлів. В роботі, на основі проведеного вступного розділу по аналізу приводів, знаходження переваг та недоліків, було обрано напрямок дослідження і розробки гідравлічного вузла екзоскелету, з подальшим виконанням поставлених задач.

В розділі 2, опрацьовано *об'єкт* самого дослідження, це система екзоскелету, відповідно до розробленої гідравлічної схеми біцепсу, було виконано гідравлічний розрахунок циліндру – що є *предметом* дослідження, для якого доцільно було підібрано матеріал (що полегшує конструкцію), товщина стінок відповідно до робочих тисків, щоб забезпечити роботу.

При цьому було враховано всі параметри для досягнення необхідних вихідних даних з мінімальною ваговою складовою, що забезпечить легкість під час експлуатації (мінімальне навантаження на людину) з максимальним підсиленням зусилля. Підібрано в системі відповідне гідравлічне обладнання, все це увійшло до розділу 2. Виконано проектну частину циліндру-біцепсу. Виконано деталювання до гідравлічних вузлів, яке супроводжувалося виконанням розділу 3 по технологічній частині.

До розділів магістерської дисертації також було внесено охорону праці під час розробки та виготовленні даного напрямку дослідження, що відображає розділ 4. Завершальним етапом магістерської дисертації є виконання стартап-проекту, який описано в розділі 5.

Дана магістерська дисертаційна робота містить креслення та плакати на листах формату А1. На них зображено: загальні види різних мобільних приводів, принципова схема гідравлічна, складальне креслення циліндру, його деталювання. Також додано пояснювальну записку. В додатку є специфікації до загального вигляду. Робота містить _22_ ілюстрацій, 3 додатки (1-3) представлені деякі етапи розрахункової частини. Під час виконання магістерської роботи було використано 25_ літературних джерел.

Ключові слова: гідравлічна схема, екзоскелет, гідравлічний розрахунок, гідропривод

Sumerry

This master's thesis presents an analysis of various mobile drives that are designed to help people. The *relevance* of scientific research lies in the development of a lighter design of the exoskeleton compared to the existing ones, which gives advantages in lightening the carrier of this design, savings in the production of exoskeletons, since today they are quite expensive and are used more for military purposes, rather than in production.

The purpose and objectives of the research. The aim of the dissertation work is to achieve minimized costs, to simplify the design, thanks to the development of lighter (respectively, to obtain the mixed mass of the unit) hydraulic components of the exoskeleton system, namely the node responsible for the power of the biceps part. Accordingly, the following tasks were set and completed:

- Select materials for the hydraulic calculation of the biceps of the exoskeleton;
- Create a hydraulic diagram of the biceps of the exoskeleton;
- Calculate the biceps cylinder, with the selection of metal, take into account the minimum thickness of the walls to ensure the specified forces, pressures and strength of the structure;
- Perform a comparison of hydraulic calculations for different wall thicknesses and different liquids;
- Design a hydraulic cylinder according to the received calculations;
- Carry out detailing of the nodal part, with the implementation of the technological part;
- Carry out the labor protection section;
- Execute a startup project.

Various applications of actuators are represented, in particular with the use of hydraulic assemblies. In the work, on the basis of the conducted introductory section on the analysis of drives, finding advantages and disadvantages, the direction of research and development of the hydraulic node of the exoskeleton

was chosen, with the further implementation of the set tasks. In chapter 2, the object of the study itself, which is the exoskeleton system, was elaborated according to the developed hydraulic diagram of the biceps, the hydraulic calculation of the cylinder was performed - which is the subject of the study, for which the material (which facilitates the construction) was appropriately selected, the thickness of the walls according to the working pressures to ensure operation.

At the same time, all parameters were taken into account in order to achieve the necessary output data with a minimum weight component, which will ensure ease during operation (minimum load on a person) with maximum force amplification. The appropriate hydraulic equipment is selected in the system, all this is included in section 2. The design part of the biceps cylinder is completed. The detailing of the hydraulic components was carried out, which was accompanied by the implementation of section 3 on the technological part. Occupational health and safety was also included in the Master's thesis sections during the development and production of this line of research, which reflects Chapter 4. The final stage of the Master's thesis is the implementation of a startup project, which is described in Chapter 5.

This master's thesis contains drawings and posters on A1 sheets. They depict: general views of various mobile drives, hydraulic schematic diagram, assembly drawing of the cylinder, its detailing. An explanatory note has also been added. In the appendix there are specifications for the general appearance. The work contains 22 illustrations, some stages of the calculation part are presented in the appendices (1,2). 25 literary sources were used during the master's work. Keywords: hydraulic scheme, exoskeleton, hydraulic calculation, hydraulic drive

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	10
РОЗДІЛ 1. ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОПРИВОДІВ. ВИКОРИСТАННЯ ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРИВОДІВ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ СИЛОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ.....	11
1.1. Основні принципи та положення в роботі гідравлічних приводів.	11
1.2. Переваги та недоліки гідроприводу, використання в промисловості.....	13
1.3. Застосування гідроприводу.....	14
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДУ ЕКЗОСКЕЛЕТУ.....	20
2.1. Опис принципової схеми гідравлічного приводу екзоскелету.....	20
2.2. Опис роботи системи.....	21
2.3 Розрахунок гідравлічного біцепсу Розрахунок гідравлічного біцепсу ...	21
2.4 Гідравлічний розрахунок і вибір розмірів трубопроводів для гідросистеми екзоскелету.....	27
РОЗДІЛ 3. РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	34
3.1. Технологічний контроль якості креслення.....	34
3.2. Аналіз призначення деталі та умов її роботи у вузлі.....	35
3.3.Вибір обладнання, інструментів, оснастки та вимірювального пристрою	36
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	43
4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних чинників при роботі.....	43
4.2 Характеристики об'єкту.....	43
4.3 Освітлення.....	45
4.4 Електробезпека.....	48
4.5 Пожежна безпека.....	48
РОЗДІЛ 5. СТАРТАП-ПРОЕКТ.....	49
5.1. Опис ідеї проекту.....	50
5.2. Реєстр зацікавлених сторін проекту	51
5.3. SWOT-аналіз проекту Аналіз діючих факторів.....	53
ВИСНОВКИ.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67
ДОДАТКИ.....	69
ДОДАТОК А. Специфікації.....	72

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

1. d_T – внутрішній діаметр труби.
2. Q_T – витрата рідини на ділянці що розраховується, $\text{м}^3/\text{с}$.
3. $V_{\text{ср}}$ – середня швидкість рідини, $\text{м}/\text{с}$.
4. V – реальна швидкість руху рідини, що рухається в трубопроводі.
5. ϑ – коефіцієнт кінематичної в'язкості.
6. Re – число Рейнольдса.
7. λ – коефіцієнт Дарсі,
8. ρ – густина рідини.
9. d – діаметр трубопроводу.
10. l – довжина трубопроводу.
11. ξ - втрати на місцевих опорах.
12. Δp – втрати тиску на місцевих опорах.
13. $N_{\text{п}}$ – споживана потужність.
14. $N_{\text{э}}$ – ефективна потужність.
15. k – коефіцієнт теплопередачі від масла до повітря.
16. $t_{\text{пов}}$ – температура повітря навколишнього середовища.
17. t_{max} – максимальна температура робочої рідини.

РОЗДІЛ 1. ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОПРИВОДІВ. ВИКОРИСТАННЯ ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРИВОДІВ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ СИЛОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ

1.1 Основні принципи та положення в роботі гідравлічних приводів.

Для збільшення продуктивності, покращення силових можливостей на сьогодні в промисловості постають нові вимоги до новітніх рішень. Перед інженерами-розробниками постають все складніші завдання для втілення найрізноманітніших ідей застосування гідроприводу, пневмоприводу, електроприводу, чи комбінування таких систем з метою досягнення найефективнішого рішення. Відомий той факт, що гідравлічні приводи мають силову перевагу у використанні. Гідроприводи – це сукупність пристроїв, в яких передача енергії до виконавчого пристрою відбувається завдяки допомозі робочої рідини [1-15]. Вони поділяються на тип об'ємної дії (рис.1.1) та гідродинамічні.

Широко застосовуються об'ємної дії приводи (рис. 1.1). Відомо, що робота гідравлічного приводу описується завдяки закону Паскаля [1-15].

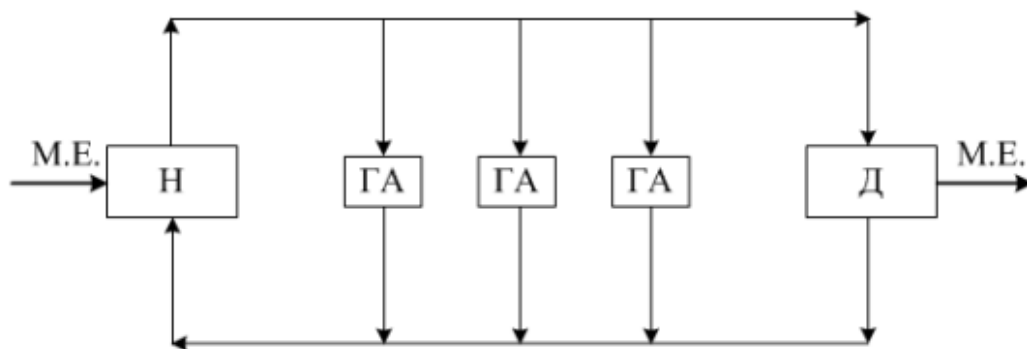


Рис. 1.1 – Структурна схема об'ємного гідроприводу: М.Е. – механічна енергія; Н - насос; Д - гідродвигун; ГА-гідроагрегати; - напрямок циркуляції робочої рідини [8-15]

З багатьох джерел відомо, що взявши дві циліндричні ємності, з'єднані між собою трубкою – можна створити гідравлічний прес, що показано на рис.1.2. [8-15].

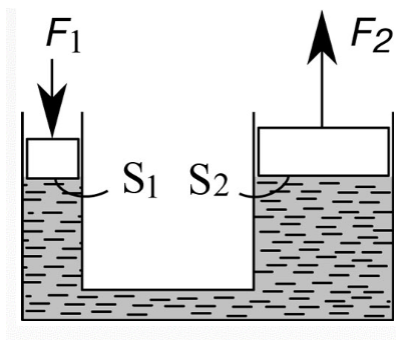


Рис.1.2. – Принцип роботи гідравлічного пресу

Якщо закрити циліндри поршнями, а діаметри поршнів прирівняти, як і внутрішні діаметри циліндрів, при цьому площа поперечного перерізу 2-го циліндру в декілька разів більша ніж площа поперечного перерізу 1-го циліндру [1-15]. Якщо прикласти 2-і сили до поршнів циліндрів (F_1 і F_2), які прикладені до площ S_1 і S_2 відповідно циліндрів 1 та 2, мають зрівноважити один одного. За законом Паскаля, можна прирівняти тиски, котрі діють через 1 та 2 поршні [8-15]:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}, \quad (1)$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}, \quad (2)$$

Звідси, щоб зрівноважити силу F_2 , необхідно збільшити силу F_1 в декілька разів. В більшості літературних джерел перед розгляд будь-якої гідравлічної системи, згадують яким чином працює гідравлічний прес: притиснувши на площу поршня 1 за допомогою механічної чи електричної енергії і на виході, на площі поршня 2, можна отримати набагато більший тиск ніж на вході [12-18].

Гідроприводи застосовуються в широкому діапазоні різних сфер, як на підприємствах у верстатах, у різних мобільних машинах, мають різноманітні габарити та комплектуючі, різний спектр використання при різних температурних умовах (рис.1.3.).



Рис. 1. 3. – Галузь застосування гідроприводів як мобільний агрегат
Для наглядності, розглянемо деякі з них для подальшого дослідження.

1.2. Переваги та недоліки гідроприводу, використання в промисловості.

Відомо, що у свою чергу, гідроприводи робочих органів системи поділяються на гідроприводи активних робочих органів і гідроприводи керування положенням робочих органів цієї системи [6-19].

Відповідно до проведеного аналізу літературних джерел, переваги і недоліки гідроприводу є наступне. Завдяки тому, що гідравлічний привод дозволяє поліпшити експлуатаційні і техніко-економічні характеристики машин і механізмів, він знайшов широке поширення на тракторах і машинах сільськогосподарського призначення, причепного (підвісне) обладнання мобільних агрегатів, та багато інших. Застосування гідравлічного приводу обумовлено рядом його переваг у порівнянні з механічними приводами: це є незалежність взаємного розташування вузлів гідравлічного приводу; його малі габарити і висока потужність передачі на одиницю маси; можливість

одержування великих передаточних відносин без застосування механічних редукторів; простота розгалуження потужності без кінематичних складних і малонадійних приводів зі значною кількістю ланцюгів, ременів, карданних валів і інших елементів механічних передач [15-20]; широка уніфікація в межах машинобудівних галузей; надійне запобігання робочих органів від перевантажень; можливість безступінчастого регулювання швидкісних режимів і легкість керування; зниження витрат часу на регулювання і технічне обслуговування машин; можливість автоматизації процесу управління; поліпшення умов роботи механізаторів. При цьому гідроприводи порівняно прості у виготовленні, експлуатації і відрізняються надійністю [1-22]. При дотриманні правил експлуатації ресурс багатьох типів насосів і гідромоторів досягає до 6000 мото-годин і вище. У той же час гідравлічні приводи не позбавлені недоліків, до основних з яких варто віднести: вплив температури зовнішнього середовища на параметри гідропередачі; високі втрати потужності на подолання тертя робочої рідини в гідравлічних лініях, утрати з внутрішніми і зовнішніми витоками робочої рідини; можливі порушення роботи гідроприводу внаслідок наявності повітря в системі [1-25].

Деякі недоліками у роботі та експлуатації, можна позбавитися, наприклад, завдяки стабілізації в'язкості терморегуляторами, підібрати потрібну рідину для роботи (мастило – робоче), змінити ущільнюючі елементи в вузлі гідроприводу.

1.3 Застосування гідроприводу

Застосування гідроприводів як заміна повного чи часткового силового зусилля широко застосовується для допомоги людині в різних сферах.

Отже, наведемо деякі з прикладів застосування.

Для зручності регулювання сидіння пацієнтів у медичних кабінетах, застосовують для медичних крісел гідропривід висоти – для регулювання плавного підняття чи опускання по висоті [22]. Працює від ножної педалі регулювання (див. рис. 1.4).



Рис. 1.4 – Гідравлічна частина медичного крісла

У сфері де необхідно обтискати, затискати певні елементи, наприклад шланги, кабелі, для зручності у використанні використовують ручний гідравлічний прес представлений на рис. 1.5 [21].



Рис. 1.5 – Ручний гідравлічний прес

Такого типу гідравлічний обтискач має масу до 3,9 кг, хід поршня 490мм. Вони значно полегшують процес опресування, так як вимагають менших зусиль ніж механічні преси.

Існує багато причіпного мобільного обладнання із застосуванням гідравлічного приводу. Наприклад, електрогідравлічний вертикальний підйомник «ліфт» для човнових моторів — призначений для точного налаштування заглиблення гвинта підвісного човнового мотора. За допомогою цього пристрою можна найбільш повно розкрити потенційні можливості мотора і досягти максимальної швидкості та економії палива при використанні оптимального гвинта.

Принцип використання такого ліфта призводить ще й до економії палива. Він може виконувати багато режимів [23]. Вага таких елементів до 14 кг, вигляд представлено на рис. 1.6.



Рис. 1.6 – Підйомник «ліфт» для човнових моторів

А також можна розглянути «лебідку» гідравлічну, як допоміжне зусилля. Наприклад, це лебідка Hammer Winch HMW 14.2 PHT - EN гідравлічна, що показано на рис. 1.7 [21-25].

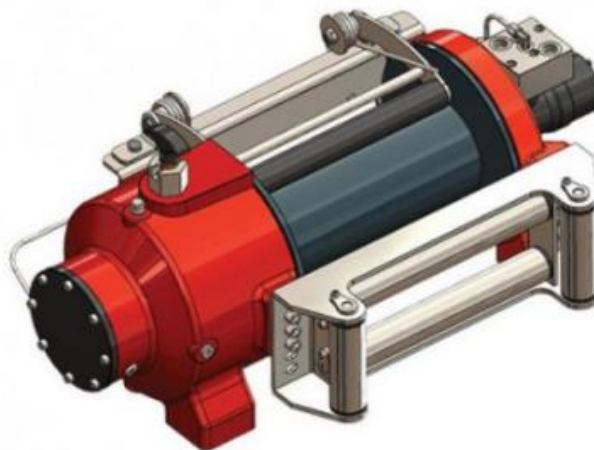


Рис. 1.7 – Лебідка Hammer Winch

Такого типу елементи мають тиск масла 167 bar (2421 psi), а вага – 201 kg (443 lbs).

Розгляд різних таких підсилювачів, на основі гідроприводу, дає можливість стверджувати, що рідина під тиском будує всю гідравліку («силу»), яку утворює гідравлічна енергія яку направляємо (за допомогою різної направляючої апаратури) у потрібне нам русло.

Досить цікавим напрямком застосування гідравлічних приводів у сфері підсилення силових зусиль мускульної системи людини. Це може бути у цілях реабілітації людини, так і робота людини на підприємстві де необхідно вручну щось виконувати, а також як допомога у військовій сфері. Наприклад, екзоскелети використовують як тренажер для реабілітації пацієнта із будь-якими ураженнями нижніх кінцівок, що допомагає відновленню навичок переміщення за допомогою апарату або самостійної ходьби [21-25].. Наприклад, для пацієнтів Київського міського центру реабілітації дітей з інвалідністю – клінічна апробація першого в Україні екзоскелету Ekso Bionics GT виробництва США, представлена на рис. 1.8. [21-25]..



Рис. 1.8. – Екзоскелет для реабілітаційних тренувань нижніх кінцівок

За проведенням пошуковим аналізом застосування екзоскелетів, було виявлено, що перші пристрої були спроектовані і протестовані в 1974 році. Екзоскелети складаються з корпусу, датчиків і механізму з гідравлічним управлінням. В статті [10-20] описано, що людина може розміщатися між двома опорними стійками та триматися за них, якщо це апарат для

реабілітації нижніх кінцівок, а датчики прикріплюються до шкіри ніг. Вони мають сервоприводи, що приводяться в дію електричними імпульсами, які виробляються м'язовими волокнами людини й приймаються спеціальними електродами, установленими на шкірі хворого. Датчики вловлюють нервові сигнали, що направляються в бортовий мікрокомп'ютер робота.



Рис. 1.9. – Екзоскелет, що застосовується для військових потреб



Рис. 1.10 – Екзоскелет для роботи



Рис. 1.11. - Важільний прототип [25]

Наведені приклади екзоскелетів мають переваги застосування тому що значно полегшують виконання фізичних навантажень людини в будь-якій сфері використання.

Висновки до розділу 1.

В ряді проведених досліджень, було встановлено, що наведені пристрої екзоскелетів, які працюють від гідравлічної системи – є досить габаритними та кошковними у виробництві, і тому їх використовують у більш фінансово забезпечених сферах. Відповідно, поставлено за мету в дисертації – зменшити габарити, підібрати елементи і матеріал, провести розрахунок з різними параметрами, щоб покращити силові і економічні показники.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДУ ЕКЗОСКЕЛЕТУ

Відповідно до проведеного аналізу існуючих схем екзоскелетів, наступним кроком є розробка мускульного вузла – біцепсу екзоскелету. Для початку необхідно зробити принципову схему з підбором складових схеми. В даному розділі будуть проведені розрахунки необхідних параметрів циліндра, підбір робочої рідини, розрахунок товщини стінки та різьби на тривкість. В кінці буде запропоновано креслення для гідравлічного біцепсу.

2.1 Опис принципової схеми гідравлічного приводу екзоскелету.

На рис. 2.1 представлено принципову розрахункову гідравлічну схему біцепсної частини екзоскелету.

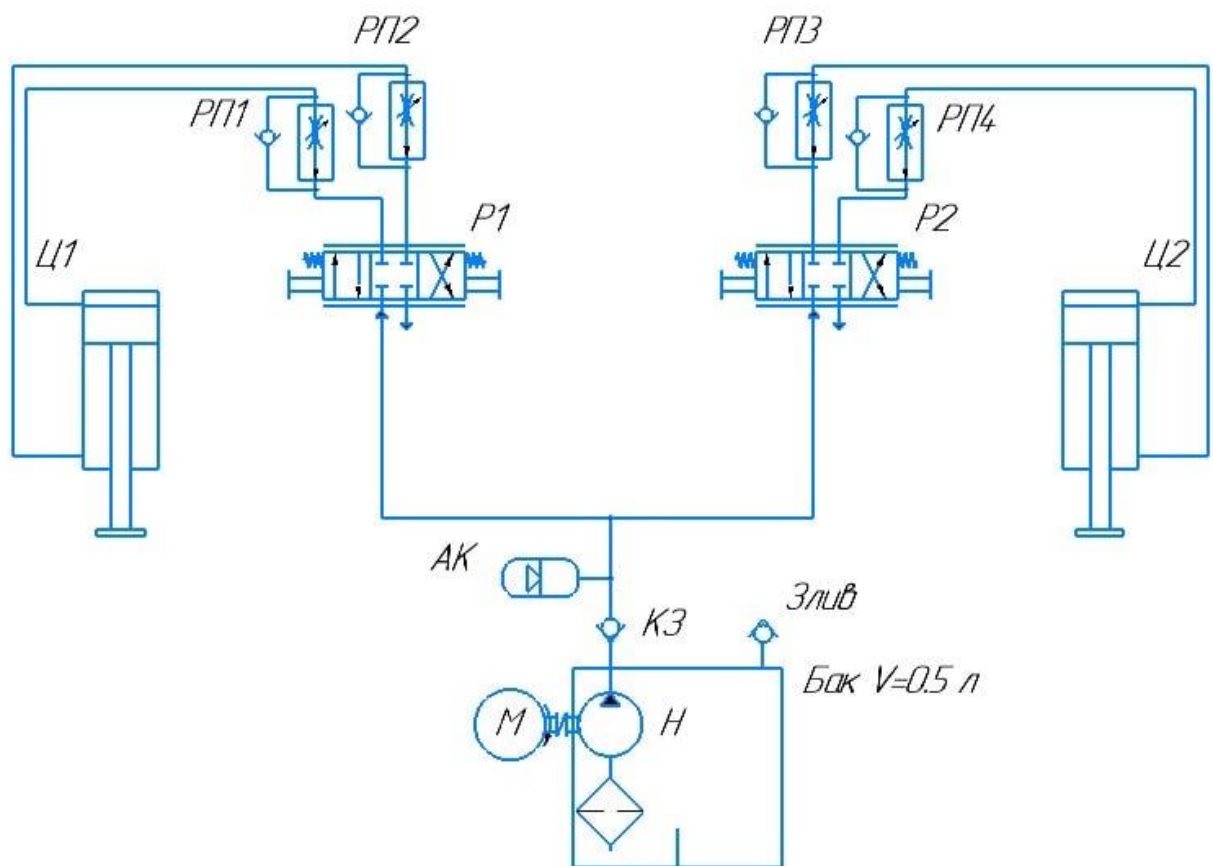


Рис. 2.1 – Запропонована принципова гідравлічна схема екзоскелету (Ц1,2 – циліндр гідравлічного біцепсу; РП1,2,3,4 - регулятор потоку; P1,2 - розподільник; АК1 - акумулятор; КЗ – клапан зворотній; бак; насос; мотор)

2.2 Опис роботи системи

Робота гідравлічного біцепсу починається з перемикання слідкуючих розподільників P1 та P2 за допомогою тонких тросів які кріпляться до вказівного та середнього пальців. При перемиканні P1, P2 спрацьовує акумулятор АК1 (який забезпечує швидкий відгук системи). Наступними спрацьовують регулятори потоку РП1, 2, 3, 4 (які забезпечують плавність роботи циліндрів та нерозривність середовища від різких навантажень). Якщо Ц1, 2 працює на виштовхування то швидкість руху регулюється через РП2 та РП4, а РП1 та РП3 пропускають рідину через зворотній клапан, якщо на втягування то навпаки.

2.3 Розрахунок гідравлічного біцепсу

На початку роботи над магістерською дисертацією, було втілити ідею створити полегшену конструкцію біцепсу екзоскелету, ескізи представлено на рис. 2.2. та 2.3.

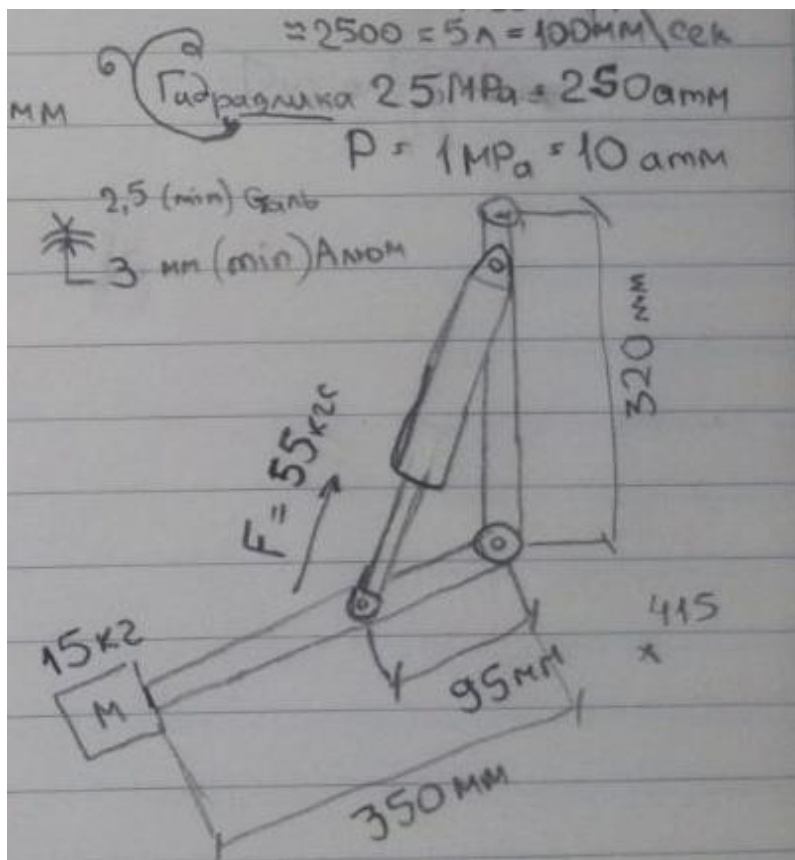


Рис. 2.2. – Вузол біцепсу екзоскелету

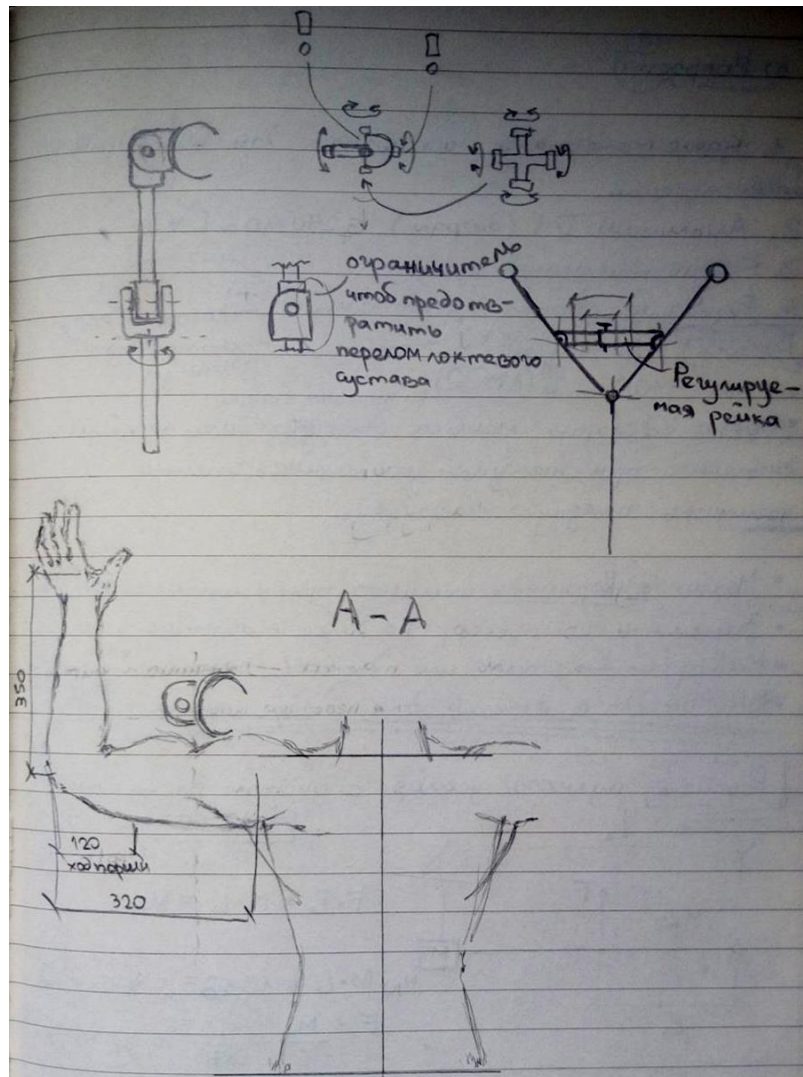


Рис. 2.3. – Врахування моментів конструкції

Далі в роботі проведено розрахунки визначення параметрів, для подальшого їх врахування при розробці екзоскелету.

За вихідні параметри візьмемо наступні параметри людської руки:

- Плечова кістка: 320 мм
- Променева кістка: 350 мм

Розрахункове навантаження: 15 кг (150 Н)

Для початку потрібно розрахувати зусилля з урахуванням плеча та моменту, для більш компактного розташування циліндру на каркасі екзоскелету:

$$F \times l = M \times L = M_{\text{кр}}$$

де F - зусилля циліндру

l - відстань розташування циліндру

M - маса

L - відстань від опори до точки прикладання вантажу

$M_{кр}$ - крутний момент

$$M_{кр} = M \times L = 15 \times 0.35 = 5.25 \text{ кг/м} = 52.5 \text{ Н/м}$$

$$F = \frac{M_{кр}}{l}$$

$$l = \frac{M_{кр}}{F} = \frac{5.25}{55} = 95 \text{ мм}$$

Отже оптимальним розташуванням циліндру буде на відстані 95 мм від ліктя. При цьому циліндр має розвивати зусилля щонайменше 55 кгс (550 Н).

Наступним з важливих кроків є визначення внутрішнього діаметру гідроциліндра в залежності від значення і напрямку діючого навантаження.

Для гідроциліндра з однобічним штоком, що працює на стиск при виштовхуванні поршня скористаємося відомою формулою [1]:

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi(p_1/\Psi - p_2)\eta_M}},$$

де P – задане робоче зусилля у Ньютонах;

p_1, p_2 - тиск відповідно в напірній і зливній порожнинах у Паскалях;

$\Psi = \frac{F_1}{F_2} = D^2(D^2 - d^2)$ – відношення площин поршня з боку відповідно поршневої і штокової порожнини.

Протитиснення p_2 визначається гідравлічними втратами, що дорівнюють сумі втрат на лінійній і місцевих опорах трубопроводів і гідроапаратів, встановлених на зливальній гідролінії. При розрахунку попередньо приймемо $p_1 = p_H$, $p_2 = 0.3 \dots 0.5$ МПа, потім уточнимо прийнятий тиск після виконання гідравлічного розрахунку [1]:.

Коефіцієнт відношення площ у залежності від виконання приймемо із нормальним діаметром штока $\Psi = 1.33$.

Механічний ККД гідроциліндра залежить від виду застосовуваних ущільнень. Для гідроциліндра із гумовим і металевими кільцями $\eta_M = 0.95 \dots 0.97$.

Діаметр штока d визначимо із співвідношення [1]:

$$d = D \sqrt{1 - \frac{1}{\Psi}}$$

Діаметр у підвідних отворів (умовний прохід) у метрах визначаємо як [1]:

$$d_{nЦ} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_P}}.$$

Для тиску 1 атм.

Визначаємо діаметр гідроциліндру для виштовхування.

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi(p_1/\Psi - p_2)\eta_M}} = \sqrt{\frac{4 \times 550}{3.14(1/1.33 - 0)0.95}} = 31,3192 \text{ мм.}$$

Розрахункові діаметри гідроциліндра і штока округлюють до найближчого по ДЕРЖСТАНДАРТУ 12447-80 [1].

Для основного гідравлічного циліндру діаметр буде дорівнювати $D = 32$ мм

Діаметр штока d визначимо із співвідношення.

Для основного циліндра

$$d = D \sqrt{1 - \frac{1}{\Psi}} = 32 \sqrt{1 - \frac{1}{1.33}} = 15,9397 \text{ мм.}$$

Округлюємо до найближчого рекомендованого значення ДЕРЖСТАНДАРТУ 8732-78 та 8734-75.

$d = 16$ мм.

Визначаємо діаметр підвідних отворів у гідроприводі екзоскелету

$$d_{nЦ} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_P}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.03 \times 803.84}{3.14 \times 5}} = 4,607 \text{ мм.}$$

Отримане значення округляємо до найближчого по ДЕРЖСТАНДАРТУ 8732-78 та 8734-75.

Найближче значення $d_{nЦ} = 6$ мм та, тому вибираємо його.

Визначаємо товщину стінки циліндру.

Розрахунок будемо робити по третій і четвертій теоріям тривкості за якими розраховують деталі з в'язких матеріалів (тобто більшості сталевих деталей). [1]

$$S = \frac{D}{2} \left(\sqrt{\frac{\sigma_{\text{доп}}}{\sigma_{\text{доп}} - 1.73 \times p}} - 1 \right)$$

де S - мінімальна товщина стінки

D - внутрішній діаметр гільзи

$\sigma_{\text{доп}}$ - допустимий тиск для матеріалу

p - максимальний тиск в системі

$$S = \frac{32}{2} \left(\sqrt{\frac{210}{210 - 1.73 \times 25}} - 1 \right) = 1.95 \text{ мм}$$

Отже мінімальна товщина стінки при максимальному тиску який може видати насос це 1.95 мм.

Розрахунок різьбового з'єднання. [1]

$$\sigma = \frac{4 \times P_p}{\pi \times d_b^2 \times z}$$

де σ - напруга що розтягує різьбовий стрижень

P_p - розрахункове навантаження ($P \times 2.5$)

d_b - внутрішній діаметр різьблення

z - кількість різьбових з'єднань, що сприймають навантаження

$$\sigma = \frac{4 \times 550 \times 2.5}{3.14 \times 55^2 \times 1} = 0.579$$

Для отриманого значення напруги рекомендовано брати шаг різьби 1.5 мм.

2.4 Гідравлічний розрахунок і вибір розмірів трубопроводів для гідросистеми екзоскелету.

МГЕ-46В - це гідравлічна рідина для промислового і транспортного обладнання, систем гідроприводу, гідрооб'ємних передач і циркуляційних рідинних систем з лопатними, шестеренними та аксіально-поршковими насосами, промисловою, сільськогосподарською, будівельною та іншою спеціальною технікою, яка працює при стисканні до 35 МПа з короткочасним підвищенням до 42 МПа. [3]

Працеспromожний в агрегатах гідрооб'ємних передач у діапазоні температур від -10 до +80 °C. [4]

- ISO VG 46 (HM);
- DIN 51524;
- ISO 6743 HM.

Гідравлічна рідина МГЕ-46В (МГ-46-В) створена на основі промислових, базових, рідин з добавкою антиокислювальної, зносостійкої, депресорної та антипінної присадок. [3]

Гідравлічна рідина МГЕ-46В забезпечує високий ККД гідростатичних трансмісій, високий крутний момент у всьому діапазоні розрахунків та навантажень. Ця рідина чудово працює в різних кліматичних умовах, а також придатна для тривалого руху на малих швидкостях і високих робочих навантаженнях. [3]

Гідравлічна рідина МГЕ 46 має такі переваги застосування:

- Надійна робота гідросистем в широкому інтервалі температур;
- Чудові в'язко-температурні властивості;
- Ефективна передача енергії без втрат на тертя;
- Захист деталей від зносу і корозії;
- Вдосконалена термоокисна стабільність;

- Стабільність експлуатаційних властивостей;
- Чудові деемульгуючі і антигенні властивості;
- Чудова прокачуваність і текучість при низьких температурах;
- Сумісність з матеріалами сальників (ущільнень) системи гідроприводу.

Задача розрахунку – визначення діаметрів трубопроводів з подальшим вирахуванням втрат тиску, що виникають у них при переміщенні робочої рідини.

Розрахунок будемо робити по ділянках, що мають однакову витрату. Ділянка являє собою трубопровід з установленими на ньому місцевими порами (трійники, штуцера, коліна і т.п.) і гідроапаратами. Використовуємо рідину МГЕ-46В. Фізико-хімічні характеристики рідини МГЕ: [4]

- кінематична в'язкість 46,9 мм² / с (сСт) при 40°C
- кінематична в'язкість 639 мм² / с (сСт) при 0°C
- Температура загусання -32°C. [1].
- Температура спалаху 220°C
- Індекс в'язкості 94 мм² / с (сСт)
- Кислотність 0.9

Гідравлічний розрахунок.

Внутрішній діаметр труби визначається за формулою[1]:

$$d_T = \sqrt{4 \times Q_T \div \pi \times V_{cp}}$$

Де Q_T – витрата рідини на ділянці, що розраховується у м³/с;

V_{cp} – середня швидкість рідини у м/с.

Отримане значення округляємо до найближчого по ДЕРЖСТАНДАРТУ 8732-78 та 8734-75 [1].

За прийнятим діаметром визначаємо дійсну швидкість рідини у м/с, [1]:

$$V = \frac{4 \times Q_T}{\pi \times d_T^2}$$

Середню швидкість рідини вибираємо у залежності від призначення трубопроводу:

- Для всмоктувальних $V_{\text{вс}} = 0.5 \dots 1.5 \text{ м/с}$;
- Для зливних $V_{\text{зл}} = 1.4 \dots 2.2 \text{ м/с}$;
- Для напірних $V_{\text{н}} = 3 \dots 6 \text{ м/с}$;

Оберемо такі значення:

$$V_{\text{вс}} = 0.5 \text{ м/с},$$

$$V_{\text{зл}} = 1.4 \text{ м/с},$$

$$V_{\text{н}} = 3 \text{ м/с}.$$

Визначимо внутрішній діаметр труби :

$$d_{T\text{вс}} = \sqrt{4 \times Q_T \div \pi \times V_{\text{ср}}} = \sqrt{4 \times 0.00033 \div 3.14 \times 1} = 14,57 \text{ мм}$$

$$d_{T\text{зл}} = \sqrt{4 \times 0.00033 \div 3.14 \times 1.4} = 24,38 \text{ мм}$$

$$d_{T\text{н}} = \sqrt{4 \times 0.00033 \div 3.14 \times 3} = 35,69 \text{ мм}$$

Отримане значення округляємо до найближчого по ДЕРЖСТАНДАРТУ 8732-78 та 8734-75.[1]

$$d_{T\text{вс}} = 16 \text{ мм}$$

$$d_{T\text{н}} = 25 \text{ мм}$$

$$d_{T\text{зл}} = 36 \text{ мм}$$

За прийнятим діаметром визначаємо дійсну швидкість рідини.

$$V_{\text{вс}} = \frac{4 \times Q_T}{\pi \times d_T^2} = \frac{4 \times 0.00033}{3.14 \times 0.016^2} = 2 \text{ м/с}$$

$$V_{\text{зл}} = \frac{4 \times 0.00033}{3.14 \times 0.025^2} = 0.71 \text{ м/с}$$

$$V_{\text{н}} = \frac{4 \times 0.00033}{3.14 \times 0.036^2} = 0.33 \text{ м/с}$$

Гідравлічні втрати в гідролініях складаються з втрат на гідравлічне тертя Δ_{pT} , втрат у місцевих опорах Δ_{pM} і втрат у гідроапаратах $\Delta_{pГ}$.

Втрати тиску на тертя визначаємо за формулою[1]:

$$\Delta_{pT} = \frac{0.5 \times \lambda \times l \times \rho \times V^2}{d_T},$$

де λ – коефіцієнт тертя;

l – довжина ділянки;

ρ – щільність рідини;

V – дійсна середня швидкість рідини;

d_T – діаметр труби або шлангу.

Коефіцієнт тертя λ залежить від режиму течії рідини і визначається по числу Рейнольдса [1]:

$$Re = \frac{V \times d_T}{\nu}$$

Де ν – кінематична в'язкість рідини.

При ламінарній течії рідини ($Re \leq 2300$), враховуючи можливість звуження і викривлення перерізу труби при практичних розрахунках, λ визначаємо за формулою [1]:

$$\lambda = \frac{75}{Re}$$

При турбулентній течії ($Re \geq 2300$) коефіцієнт тертя λ залежить від числа Рейнольдса і від відносної шорсткості стінок каналу. Сталеві труби мають шорсткість $\Delta = 0.03$ мм, труби з кольорових металів вважають практично гладкими.

Відповідно до завдання проєкту, робимо розрахунки для різних температурних режимів, а саме для режими з температурою 0°C та $+40^\circ\text{C}$.

При 40 градусах Цельсію:

$$Re = \frac{V_{\text{вс}} \times d_T}{\nu} = \frac{2^2 \times 0.016}{46.9 \times 10^{-6}} = 1242.7 - \text{ламінарний режим}$$

$$Re = \frac{V_{\text{зл}} \times d_T}{\nu} = \frac{0.71^2 \times 0.025}{46.9 \times 10^{-6}} = 265.2 - \text{ламінарний режим}$$

$$Re = \frac{V_{\text{н}} \times d_T}{\nu} = \frac{0.33^2 \times 0.036}{46.9 \times 10^{-6}} = 84.5 - \text{ламінарний режим}$$

Коефіцієнт Дарсі

$$\lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75}{1242.7} = 0.06$$

$$\lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75}{265.2} = 0.28$$

$$\lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75}{84.5} = 0.88$$

При 0 градусах Цельсія:

$$Re = \frac{V_{bc} \times d_T}{\nu} = \frac{2^2 \times 0.016}{639 \times 10^{-6}} = 91.2 - \text{ламінарний режим}$$

$$Re = \frac{V_{3л} \times d_T}{\nu} = \frac{0.71^2 \times 0.025}{639 \times 10^{-6}} = 0.015 - \text{ламінарний режим}$$

$$Re = \frac{V_H \times d_T}{\nu} = \frac{0.33^2 \times 0.036}{639 \times 10^{-6}} = 0.0000008 - \text{ламінарний режим}$$

Коефіцієнт Дарсі:

$$\lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75}{91.2} = 0.82$$

$$\lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75}{0.015} = 4957,48$$

$$\lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75}{0.0000008} = 93756191,55$$

Всі розрахунки проводились завдяки програмі Excel, що представлено в табл. 2.1 та 2.2.

Таблица 2.1

Розрахунок екзоскелету				
Розрахунок <i>площі поршня</i>				
D	32	mm	діаметр поршня (заповнити)	
S_porch	803,84	mm^2	площа поршня	
Розрахунок <i>площі штока</i>				
d	16	mm	діаметр штока (заповнити)	
S_sht	200,96	mm^2	площа штока	
S_rab_sht	602,88	mm^2	площа штокової порожнини	
	27,71281292	mm	діаметр робочої площі зі штоком (для довідок, щоб не був менший ніж діаметр поршня (при тиску в поршневій порожнині))	
Розрахунок <i>об'єму циліндра</i>				
V_zagaln	0,160768	L	Об'єм	

L_dlinna	200	mm	хід поршня (заповнити)	
Розрахунок <i>тиску при зусиллі на площу</i>				
P	9,122876858	bar	тиск	
F	550	H	зусилля (заповнити)	
S	602,88	mm ²	площа (заповнити)	

Таблиця 2.2

Розрахунок <i>гідравлічної схеми</i>				
Q_teor	0,001333333	m ³ /sec		
V_vsmok	0,5	m/sec	середня швидкість всмоктування (заповнити)	
V_zluyv	1,4	m/sec	середня швидкість зливу (заповнити)	
V_nagnit	3	m/sec	середня швидкість нагнітання (заповнити)	

Відповідно до проведених розрахунків було спроектовано з деякою модернізацією гідравлічний циліндр стійки шасі літака, що представлено на рис. 2.4.

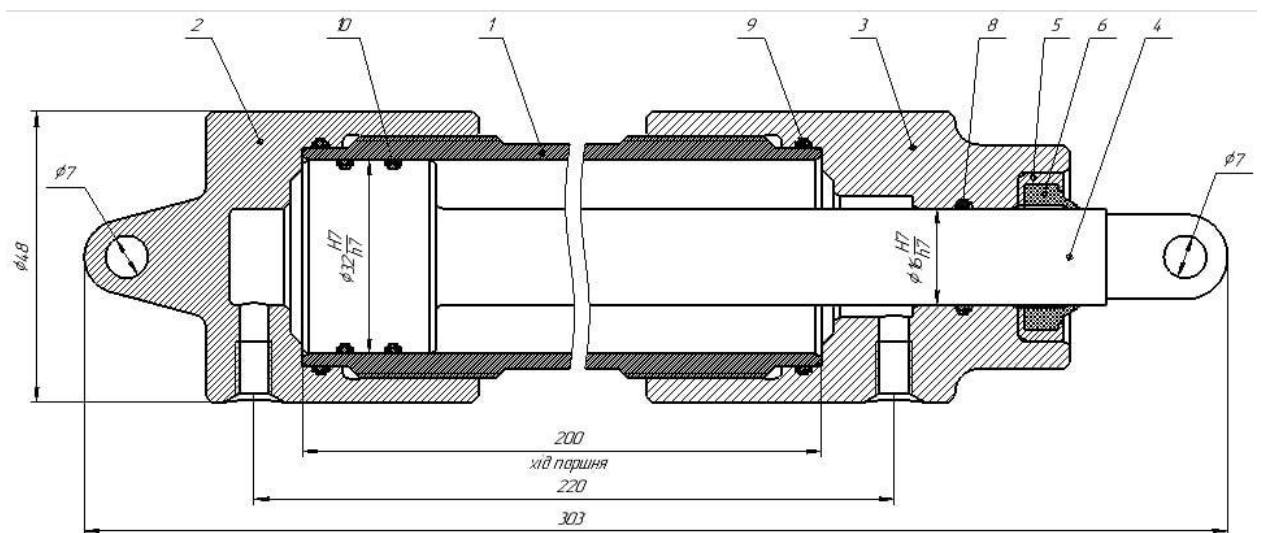


Рис. 2.4. Запропоноване креслення гідравлічного циліндру шасі

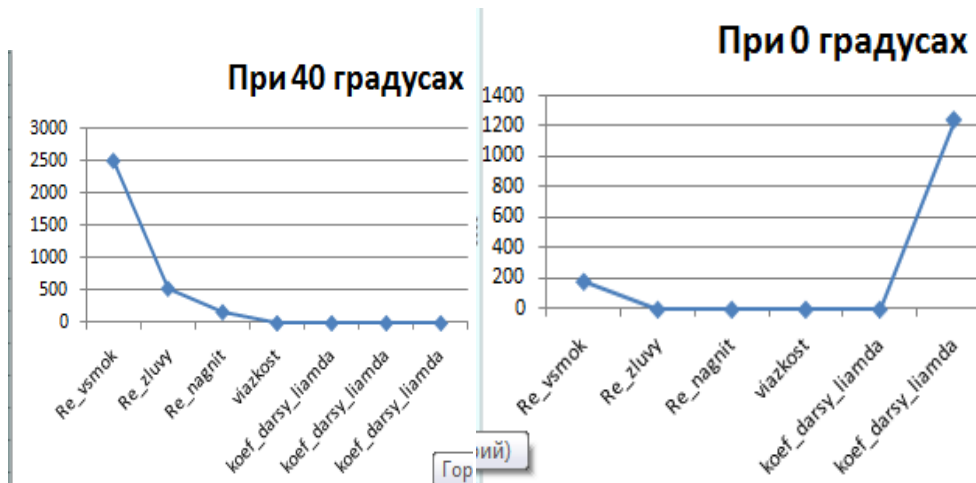


Рис. 2.5. – Графіки залежностей втрат при різних температурах

Отримано значення перепаду тиску (рис. 2.5) в запропонованому гідравлічному вузлі. При отриманих значеннях втрат, швидкість робочої рідини буде забезпечувати експлуатаційні параметри запропонованої конструкції.

Висновки до розділу 2.

В розділі 2 було проведено розрахунок циліндру гідравлічного приводу екзоскелету та розраховано втрати тиску в гідроприводі при різних граничних температурах рідини. Було обрано для розрахунку рідину МГЕ-46В. Визначено, що втрати на тертя на одних і тих же ділянках трубопроводу при значеннях температур 0 та +40°C відрізняються дуже сильно. Спроековано та накреслено гідроциліндр приводу екзоскелету з урахуванням розрахунків.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Технологія машинобудування є одним із найвідповідальніших етапів, оскільки саме від точності та кінцевої відповідності деталі до креслення, буде залежати довговічність та працездатність виробу.

У цьому розділі буде розписано технологію виготовлення гільзи для гідравлічного біцепсу.

3.1. Технологічний контроль якості креслення.

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі вихідним документом є її креслення. Технолог повинен проконтролювати робоче креслення деталі, у відповідності до ГОСТ 14.206-73. У креслення входять відомості, необхідні для якісного виготовлення деталі, які дають повне уявлення про її конструкцію, а також усі проекції, розрізи, перерізи, які пояснюють конфігурацію деталі.

Проаналізувавши креслення можна сказати, що на кресленні вказані всі розміри, необхідні для виготовлення деталі, не вказана шорсткість та шорсткість усіх поверхонь деталі позначена відповідно до ГОСТ 2789-73. Не вказані граничні відхилення розмірів, форми та розташування поверхонь відповідно до ОСТ 1 00022-80. Різьба по ОСТ 1 00021-78. Фаска та проточка різьби по ОСТ 1 00010-81 [1-8]. Гострі кромки притупити.

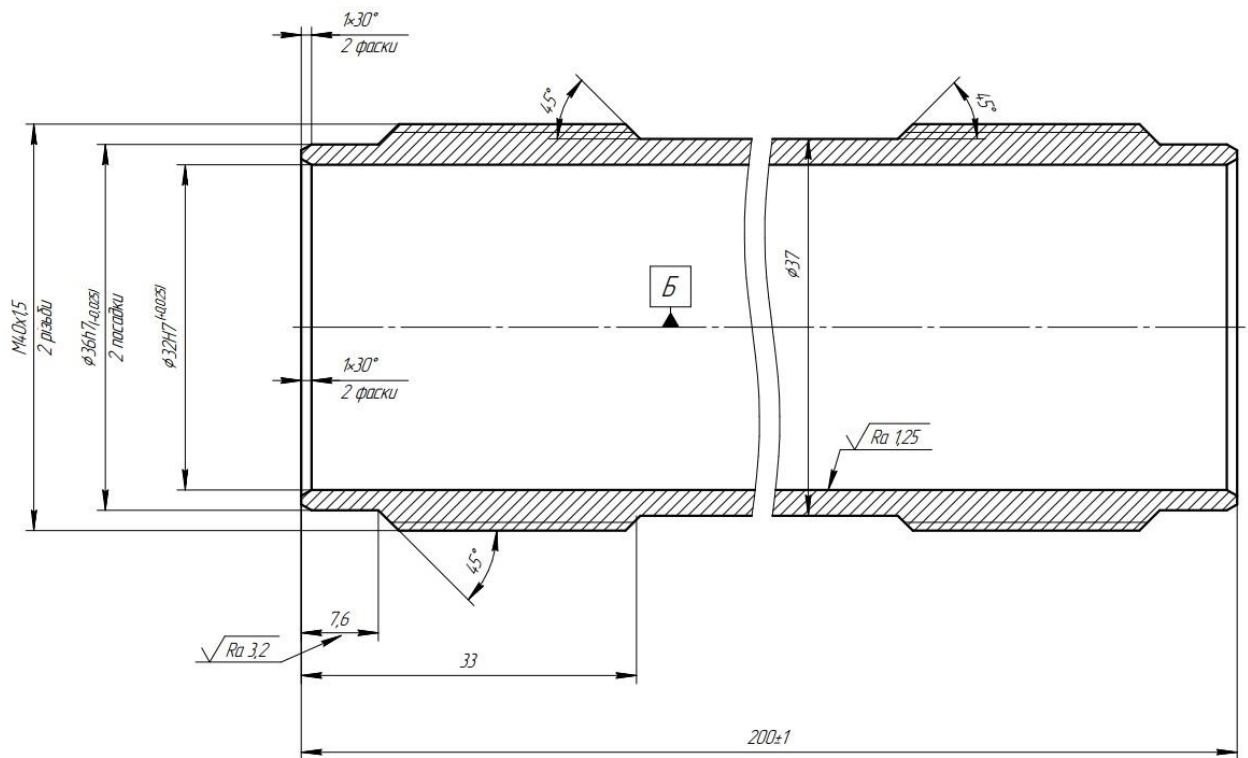


Рис.3.1 – Кресленик деталі «Гільза»

3.2. Аналіз призначення деталі та умов її роботи у вузлі.

Гільза являє собою основну деталь яка виконує дві основні функції – направляючу та збірну. Саме тому дуже важливо розглядати цю деталь не тільки з точки зору конструювання, а і з точки зору технології машинобудування, оскільки деформація або поламка можуть призвести до аварії усієї системи.

Одне з основних вимог – це надійне утримання конструкції в парі гільза-кришка та вільне переміщення у парі гільза-поршень.

Особливо важливо акцентувати увагу на наступних поверхнях:

1. Внутрішній діаметр гільзи не має перевищувати $\varnothing 32^{+0,025}_{-0}$, оскільки в разі меншого діаметру вірогідно заклинювання, а в кращому випадку поршень просто не буде складатися з гільзою при збірці.

2. Поверхня контактуюча з поршнем повинна мати шорсткість не більше $\sqrt{Ra} 1,25$ оскільки можливе пришвидшене зношення пар тертя, пошкодження рухомих ущільнень, погіршення герметичності та утворення стружки, що може призвести до заклинювання та ще більше пришвидшити зношення.

3. Поверхня місця під посадку кришки повинна мати шорсткість не більше $\sqrt{Ra}3,2$, щоб уникнути погіршення герметичності та перекосів під час збірки.

4. Різьба з кроком 1,5 мм. має бути виконана по ОСТ 1 00021-78.

5. Невказані граничні відхилення розмірів, форми та розташування поверхонь має відповідати ОСТ 1 00022-80.

3.3. Вибір обладнання, інструментів, оснастки та вимірювального пристрою.

Вибір типу обладнання, пристроїв та інструменту проводиться виходячи з типу виробництва. У даному випадку тип виробництва – одиничний. Одиничне виробництво характеризується застосуванням універсального обладнання (з розташуванням його в цехах за типами станків), універсальної оснастки, універсального робочого та вимірювального інструменту, які забезпечують виготовлення виробів порівняно широкої номенклатури.

Використання обладнання за часом має щільний характер: на одному верстаті виконуються декілька операцій і часто проводиться обробка деталей різних конструкцій і з різних матеріалів.

Пристосування для обробки деталей на верстатах мають універсальний характер, тобто можуть бути використані в різних випадках. Спеціальні пристосування не застосовують або застосовують рідко, тому значні витрати на їх виготовлення економічно не виправдовуються.

Необхідний при цьому виді виробництва ріжучий інструмент також повинен бути універсальним, тому що через розмаїття оброблюваних деталей застосування спеціального інструменту економічно не доцільно.

Таким чином, виходячи із зазначених вище рекомендацій, вибираємо обладнання: токарний станок T165B та слюсарний стіл.

Підбір різального інструменту будемо проводити за каталогом «10 Drilling tools GB 2016».

Артикул: 10-235

Назва: Adjustable precision boring bars.

Кількість: 1 шт - патрон(+ болти для кріплення)

Табл. 3.1.

D min mm	D max mm	L mm	L1 mm	L2 mm	d mm	Art.no	Ціна євро
15	20	110	60	50	16	323001 1520	212

Табл. 3.2.

Назва: Regulation screw.

Designation	For D mm	Art.no	Ціна євро
Re 2	15-20	323002 0003	4.80

Табл. 3.3.

Назва: Counter screw.

Designation	For D mm	Art.no	Ціна євро
BL 2	15-20	323003 0003	5.75

Табл. 3.4.

Назва: CCMT.

ISO Designation	amount	Art.no	Ціна євро
CCMT 091308	10	373509 3729	6.90

Загальна ціна: 290.55 євро

Артикул: 10-52

Назва: Twist drill with MT shank.

Кількість: 1 шт

Табл. 3.4

D h8 mm	L mm	L1 mm	Shank	Art.no	Ціна євро
31.5	301	180	MT3	1015050315	128

Підбір оснастки будемо проводити за каталогом: «40 Clamping equipment GB 2016», «50 Measuring equipment GB 2016».

Артикул:40-15

Назва: Universal lathe chuck.

Модель: Three-jaw version.

Кількість: 1шт

Кінцева вартість: 465 євро

Табл. 3.5.

Nomin al D mm	F mm	E mm	R mm	T mm	J mm	G mm	O mm	S mm	K mm	Rotation r/min	Accura cy mm	Art.no	ціна євро
200	176	160 H7	55	76	29	3x M10	27, 5	4	11	4000	0.06	40500 1 0200	465

Артикул:50-21

Назва: Lightweight digital workshop calliper.

Кількість: 1шт

Кінцева вартість: 365+19(калібровка) = 384 євро.

Табл. 3.6.

Measurement range mm	Jaw length mm	Error limit mm	Art.no	Ціна євро
500	90	0.05	500632 0500	365

3.4. Розробка технологічного процесу.

1. Назва операції: Заготівельна.

У якості заготовки було вибрано круг сплав АМг10 (АЛ27) за ГОСТ 1583-93 з сайту металобази «МЕТАЛ ХОЛДІНГ» . Після отримання матеріалу в якості погонного метру ми перевіряємо його на наявність пошкоджень та дефектів. У разі виявлення окалини, тріщини, крихкості матеріал не допускається до виробничої лінії. Після утвердження якості, заготівку відправляють на стрічковий відрізний верстат де її нарізають на частини з урахуванням чорнових робіт на торцях. Приблизний час 3 сек.

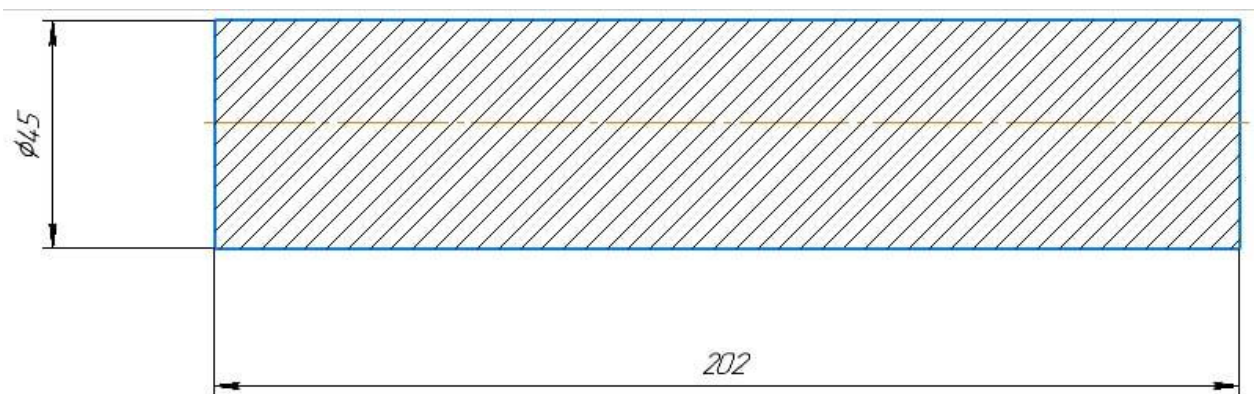


Рис. 3.2 – Ескіз заготовки

2. Назва операції: Токарна.

Наступним кроком, після нарізання, заготовку транспортують на токарний верстат. На цьому етапі має бути знятий поверхневий шар товщиною 2.2 мм щоб діаметр заготівки виходив 40.3 мм, оскільки 0.3 мм має бути залишено для операції «шліфування та полірування». Після цього має бути знятий шар товщиною 2 мм з допуском $h7$ на проміжку $7.6^{+0}_{-0,025}$ мм починаючи з торця. Після цього, на відстані 31.9 мм, зняти шар товщиною 1.5 мм на проміжку 136.2 мм. Після цього, на відстані 7.6 мм. та 31.9 мм. зняти фаску 45° до наявних поверхонь. Повторити операцію з протилежного торця. Приблизний час 14 сек.

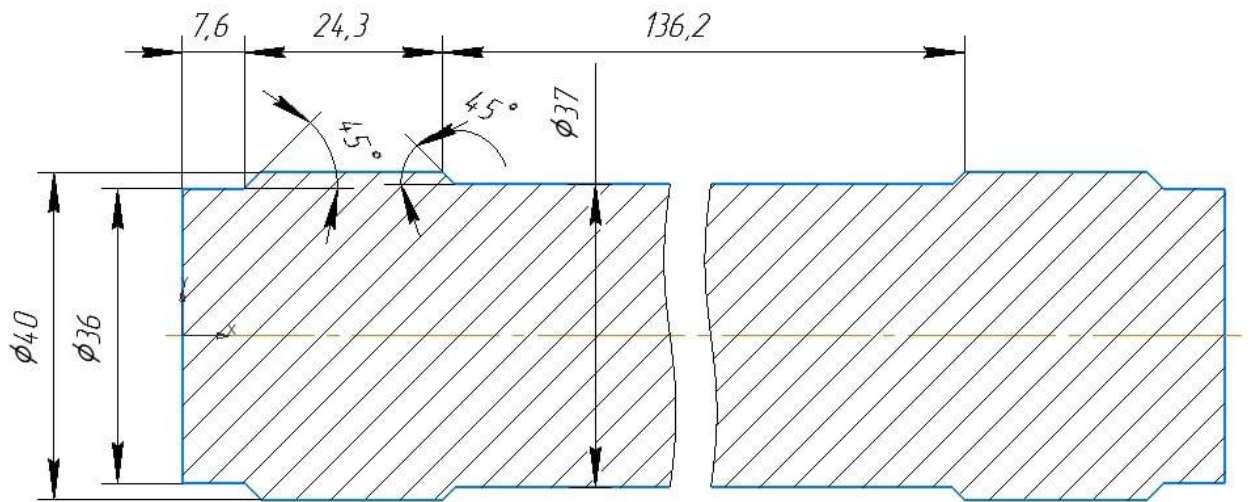
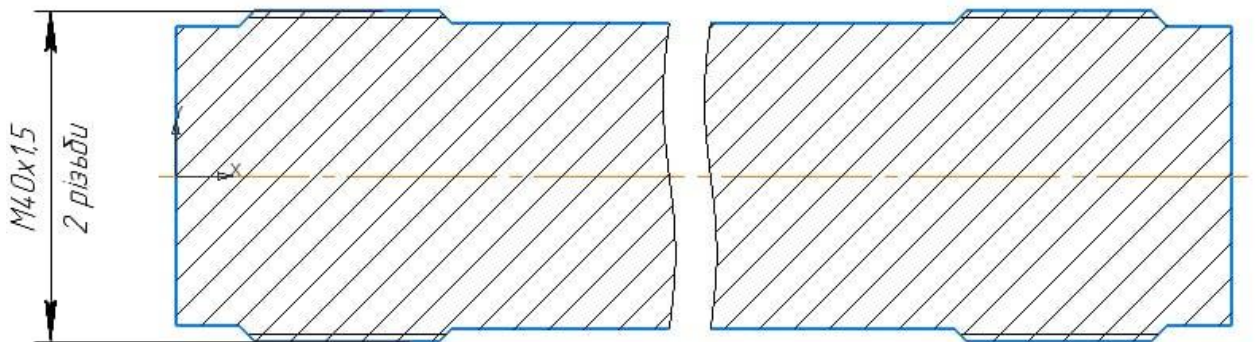


Рис. 3.3 - Обробка циліндричної поверхні

3. Назва операції: Токарна.

Наступним кроком, нарізаємо різьбу $M40 \times 1.5$ мм. Повторити операцію з протилежного торця. Приблизний час 8 сек.



4. Назва операції: Свердління.

Наступним кроком, робимо наскрізний отвір з допуском H7 діаметром $\phi 31.5^{+0.025}_{-0}$, $\phi 0.5$ мм залишаємо для шліфування та полірування. Приблизний час 22 сек.

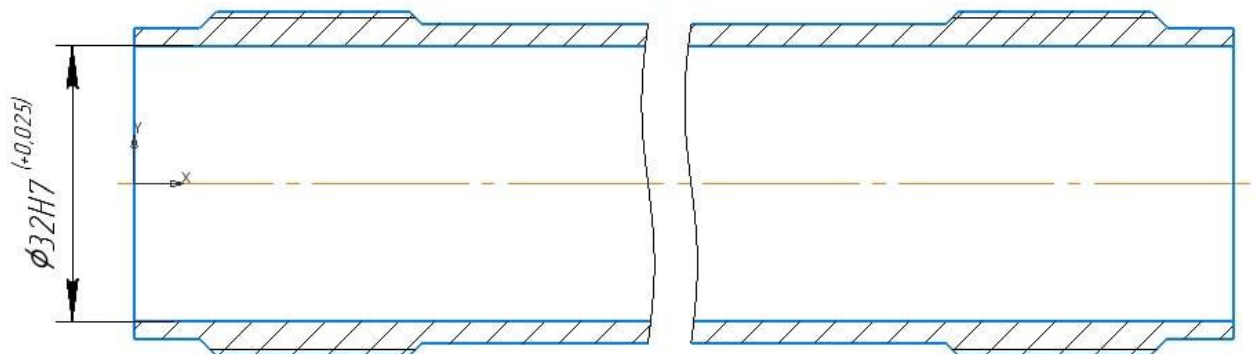


Рис. 3.4. - Наскрізний отвір

5. Назва операції: Токарна.

На цьому етапі робимо фаски $1 \times 30^\circ$ з зовнішньої та внутрішньої сторони. Повторити операцію з протилежного торця. Приблизний час 5 сек.

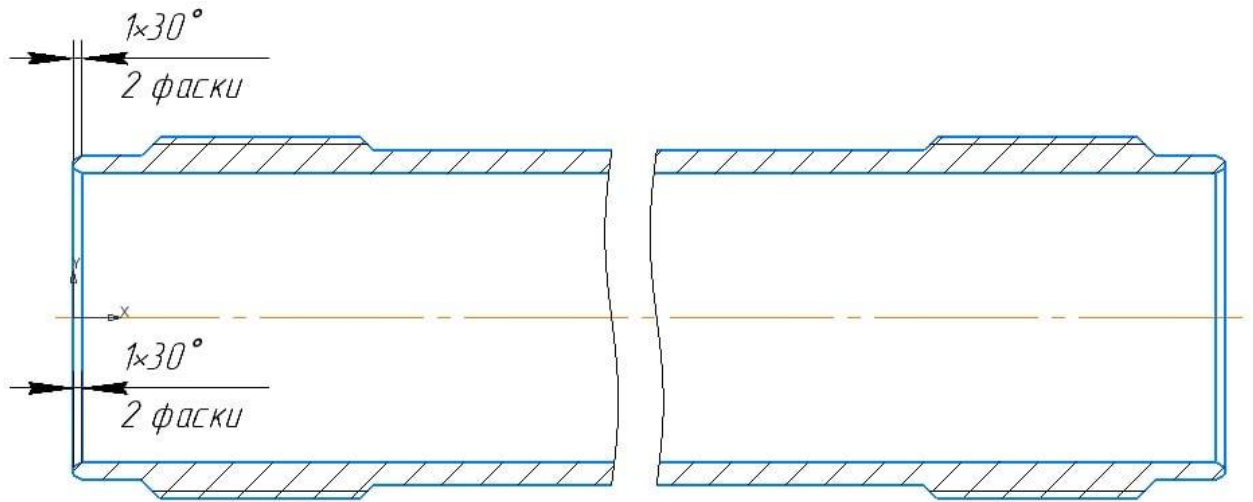


Рис. 3.5. - Зняття фасок з зовнішньої та внутрішньої сторони

6. Назва операції: Шліфувальна.

Наступним кроком, після зняття фасок, заготовку транспортують на шліфувальний верстат. На цьому етапі шорсткість на ключових поверхнях має бути $\sqrt{Ra}1,25$ та $\sqrt{Ra}3,2$ відповідно до креслення. Приблизний час 40 сек.

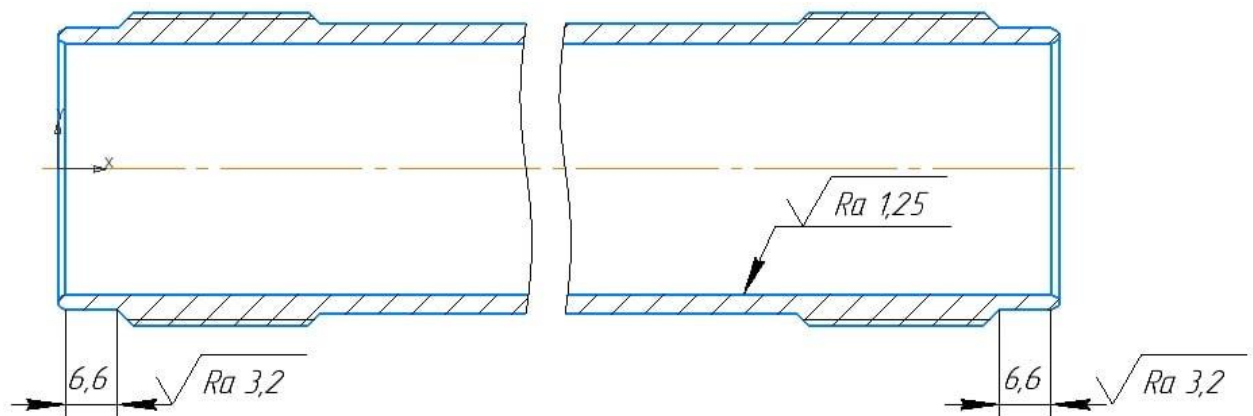


Рис. 3.6. - Обробка гільзи шліфуванням та поліруванням

В кінці деталь потрапляє на слюсарний стіл де мають зачистити заусенці, притупити гострі кромки тощо. В результаті деталь має відповідати розмірам заданим на кресленні.

На цій операції обробка деталі завершується. Наступною дією буде відправка деталі у відділ контролю якості, в якому деталь буде проходити контроль за ключовими параметрами. В разі якщо деталь не відповідатиме характеристикам відповідно до креслення, її буде відправлено на дообробку, або позначено як брак. Деталі які пройшли нормо контроль відправляють на склад та заносять до реєстру.

Висновки до розділу 3.

У цьому розділі було пропрацьовано створення технологічного процесу виготовлення деталі «гільза», яка є однією з найважливіших у конструкції гідроциліндру. В розділі було розглянуто: технологічний контроль якості креслення, вибір обладнання, інструментів, оснастки та вимірювального пристрою, аналіз призначення деталі та умов її роботи у вузлі, розробка технологічного процесу та зроблено висновок загальної собівартості одної деталі.

Загальна собівартість інструментів, оснастки, вимірювального пристрою та погонного метра заготовки 1282.55 євро. Приблизний час виготовлення однієї деталі 92 секунди.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних чинників при роботі

Темою моєї дисертаційної роботи магістра – «**Гідравлічний привод екзоскелету**». У даній роботі досліджувались характеристики гідроциліндра, а також всього гідропривода екзоскелету, проектування за допомогою комп'ютерних програм. Основні небезпечні та шкідливі фактори [10]:

- Мікроклімат
- Освітлення
- Електробезпека
- Пожежна безпека

4.2 Характеристики об'єкту

Розміри кімнати, в якій встановлено персональний комп'ютер та інша техніка: 10 кв.м, а об'єм $V=34\text{м}^3$. Це приміщення відповідає санітарним нормам температури, чистоти повітря, але не забезпечена ізоляцією від виробничих шумів, оскільки кімната знаходиться в житловій будівлі [10].

За санітарними нормами площа робочого місця з персональним комп'ютером для дорослого користувача має бути не менше ніж 6м^2 , а об'єм має складати не менше ніж 20 м^3 . Таким чином видно, що санітарні норми в даній кімнаті повністю виконуються [10].

В даному приміщенні робота ведеться за монітором комп'ютера, тому тут має бути забезпечено параметри мікроклімату, що задовольняють всі норми [10].

Задля створення відповідних параметрів мікроклімату приміщення регулярно провітрюється два рази на день, вранці та ввечері.

Мікроклімат в робочих приміщення характеризується наступними параметрами: температура повітря, вологість і швидкість руху повітря на робочому місці. Вони повинні відповідати вимогам [10]. Крім того, необхідно забезпечити правильні концентрації позитивних і негативних іонів

в повітрі робочої зони. Результати досліджень показали, що позитивні іони у великій кількості негативно впливають на розумову і фізичну працездатність (поява швидкої втоми), на діяльність серцево-судинної системи і системи кровотворення, а негативні іони, навпаки, позитивно впливають на здоров'я людини. [10]

Необхідні концентрації позитивних і негативних іонів в повітрі робочої зони забезпечують:

- генератори негативних іонів;
- установки штучного зволоження [10];
- кондиціонери;
- загально-обмінна проточно-витяжна вентиляція.

В даному приміщенні встановлено установку штучного зволоження, термометр та вентиляція за рахунок провітрювання [10].

Таблиця 7.1

Період року	Температура, °C			Відносна вологість, %	
	Оптимальна	Дійсна		Оптимальна	Дійсна
		Верхня межа	Нижня межа		
Холодний	21 – 24	23	21	40 – 60	57
Теплий	23 – 28	28	25	40 – 60	42

Середня температура приміщення в теплий період року дорівнює 23 °C та підтримується за рахунок кондиціонера БК2000, відносна вологість повітря 42% забезпечується зволожувачем повітря [10].

У холодний період року, середня температура складає 23 °C, що підтримується за рахунок центрального опалення. Значення відносної вологості дорівнює 57%.

Всі параметри мікроклімату приміщення в теплий та холодний період року знаходяться в діапазоні оптимальних значень, тому можна зробити висновок, що мікроклімат приміщення є сприятливим для праці.

4.3 Освітлення

Недостатність освітлення призводить до напруження зору, що призводить до зниження уваги та до настання передчасної втомленості. Занадто яскраве освітлення викликає засліплення, роздратування і різь в очах. Неправильний напрям світла на робочому місці може створювати різні тіні, відблиски, дезорієнтувати людину, що працює на цьому робочому місці. Всі ці речі можуть призвести до нещасного випадку або профзахворювань, саме тому дуже важливо правильно розрахувати освітлення, кількість світильників, а також тип їх розташування [10].

Штучне освітлення в приміщеннях для користування персональним комп'ютером повинне здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У випадках переважної роботи з документами, слід застосовувати системи комбінованого освітлення (до загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення, призначені для освітлення зони розташування та перекриття документів) [10].

Освітленість на поверхні столу в зоні розміщення робочого документа повинна бути 300-500 лк. Освітлення не повинне створювати відблисків на поверхні екрану. Освітленість поверхні екрану не повинна бути більше 300 лк [10].

Як джерела світла при штучному освітленні слід застосовувати переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ, а також компактні люмінесцентні лампи. У світильниках місцевого освітлення допускається застосування ламп розжарювання, зокрема галогенних [10].

В приміщенні застосовується штучне освітлення комбіноване(місцеве і загальне) і природне освітлення бокове. Штучне освітлення виконується за допомогою електричних джерел світла - ламп розжарювання. Виходячи з цього, проведемо розрахунки освітленості нашого приміщення [10].

У даному випадку робота ведеться за комп'ютером, тому вона відноситься до робіт високої точності, розряд зорової роботи – III.

Розрахунок освітлення проводиться для кімнати площею 12 м^2 , ширина якої 4м, висота – 2.7 м. Розрахунок проведемо за методом світлового потоку [10].

Визначимо світловий потік в приміщенні і порівняємо його з допустимим, за формулою:

$$E_{ef} = \frac{F_n N n \eta}{S \cdot k_z \cdot z}$$

де

E_{ef} – розраховується світловий потік, Лк;

E – нормована мінімальна освітленість, Лк (визначається за таблицею).

Роботу програміста, відповідно до цієї таблиці, можна віднести до розряду високоточних точних робіт, отже, мінімальна освітленість буде $E = 200\text{лк}$;

S – площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку $S = 12\text{ м}^2$);

z – відношення середньої освітленості до мінімальної (звичайно приймається рівним 1,1 ... 1,2, нехай $Z = 1,1$);

k_z – коефіцієнт запасу, враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників у процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення й характеру проведених у ньому робіт і в нашому випадку $K = 1,5$) [10];

N – кількість світильників;

n – кількість ламп у світильнику.

η – коефіцієнт використання, (виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп і обчислюється в частках одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, фарбування стін і стелі, які характеризуються

коефіцієнтами відображення від стін (P_c) і стелі ($P_{п}$), Стеля приміщення свіжопофарбована у білий колір $\rho_{сл} = 70\%$, стіни мають світлобіжовий колір $\rho_{сн} = 50\%$, підлога з лакованого паркету $\rho_{п} = 30\%$.. Значення η визначимо по таблиці коефіцієнтів використання різних світильників. Для цього обчислимо індекс приміщення по формулі [10]:

$$I = \frac{S}{h(A+B)} = \frac{12}{1,9 \cdot (4+3)} = 0,902$$

де: S – площа приміщення, $S = 12 \text{ м}^2$;

h – розрахункова висота підвісу, $h = 1,9 \text{ м}$;

A – ширина приміщення, $A = 4 \text{ м}$;

B – довжина приміщення, $B = 3 \text{ м}$.

Підставивши значення отримаємо:

Знаючи індекс приміщення I , за таблицею знаходимо $\eta = 0,47$.

Для освітлення використовується лампа розжарювання 100 Вт, світловий потік яких $F = 15000 \text{ Лм}$.

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку [10] E_{ef} :

$$E_{ef} = \frac{15000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,47}{12 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 356,06 \text{ лк}$$

Отже, можна зробити висновки, що освітленість приміщення не достатня, саме тому використовується, ще місцеве освітлення, у вигляді настільної лампи із лампочкою розжарювання, потужністю 60 Вт. А от освітленість екрану задовольняє нормам [10].

Для покращення освітлення, а також для економії електроенергії замінімо лампу розжарювання в люстрі на лампу ЛЕД E27-E40 6400K LB-65 Feron [10].

4.4 Електробезпека

У зв'язку зі зростанням користувачів електромережею зростає споживання електроенергії, а також спостерігається зростання кількості споживачів електричної енергії. Через це питання забезпечення електробезпеки набуває особливої важливості не тільки в побуті, а ще й у виробництві [10].

Електробезпека – це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

У приміщенні знаходиться лише одна ЕОМ, але всеодно встановлено запасний аварійний вимикач із запобіжником, що вимикає струм у всьому приміщенні за виключенням освітлювальних приладів. Заземлення електричного щита виконано із заземленою нейтраллю, а розетки в кімнаті виконано із захисним зануленням [10].

Також комп'ютер підключено до електромережі через розетку з окремим запобіжником на випадок перевантаження електричної мережі.

Для підключення інших електроприводів передбачено гнучкі дроти в ізоляції із додатковими запобіжниками. Від переносних приладів до джерел живлення проводку проведено по найменшому шляху без заплутування дротів між собою, а також з меблями та приладами.

Приміщення відповідає усім нормам електробезпеки за ПУЕ 2012 та є придатним та безпечним для роботи [10].

4.5 Пожежна безпека

Приміщення, в яких встановлено ЕОМ, в пожежній небезпеці відносяться до категорії В, і мають відповідати вимогам з запобігання і гасіння пожежі по [10], з обов'язковою наявністю телефонного зв'язку, а також пожежної сигналізації.

Меблі в приміщенні кімнати із ДСП та МДФ, двері з дерева, а віконні переплети із металопластика, корпуса ЕОМ і приладів із металу та полімерних матеріалів [10].

З метою забезпечення пожежної безпеки та вчасного гасіння пожежі у випадку її виникнення передбачено вогнегасник порошковий ВП – 5(з). Також у коридорі перед входом у квартиру розташовано пожежні гідранти та кнопка виклику пожежної охорони [10].

Висновки до розділу 5.

Проведено обробку виконання дисертації з урахування охорони праці виконання втілення ідеї виробництва екзоскелету із забезпеченням необхідних умов праці, а саме етап проектування завдяки програмним забезпеченням, робота за комп'ютером.

РОЗДІЛ 5. СТАРТАП-ПРОЕКТ

5.1. Опис ідеї проекту

№	Назва поля	Зміст
1	Робоча назва проекту	Розробка силового гідро/пневмоприводу для активного екзоскелету
2	Замовник проекту	Стартап
3	Ціль (цілі) проекту	Покращення умов праці робітників в умовах де потребується прикладання значних фізичних зусиль.
4	Актуальність та необхідність проекту (Як проект узгоджується з цілями організації? Яку проблему вирішує, або яку можливість надає? Чому повинен ініціюватись саме зараз?)	Актуальність пов'язана з постійним використанням фізичної сили робітників у перетаскуванні важких об'єктів та монотонна робота на складальних лініях, що згодом позначається на їх самопочутті та здоров'ї
5	Очікувані результати проекту (Що здається замовнику?)	Впровадження випробувальної партії на виробництво для спостереження за їх впливом на продуктивність, фізичний стан робітників та отримання відгуків від робітників.

6	Основні етапи проекту (попередньо)	1.Розробка ергономічного каркасу для тіла людини. 2.Розрахунок виконавчого приводу. 3.Розробка КД. 4.Виготовлення прототипу. 5.Тестування прототипу. 6.Доробка КД за результатами випробувань. 7.Виготовлення партії з 5 екзоскелетів. 8.Впровадження партії у 5-ть різних виробництв.
7	Тривалість проекту (приблизно)	6 місяців
8	Джерела фінансування проекту (власні кошти, кошти інвестора-замовника, кредитні кошти, бюджетне фінансування)	Кошти зацікавлених компаній, виробництв.
9	Бюджет проекту (приблизно)	100 000 грн/місяць (заробітна плата команди на час розробки) 15000 грн (за одну модель)
10	Учасники проекту (керівник проекту, команда проекту у складі..., зовнішні консультанти тощо)	1-Головний конструктор 2-Інженери-конструктори 2-Технологи

11	Обмеження проекту (політичні, юридичні, технологічні, інфраструктурні, фінансові, екологічні тощо)	Виробничі (складно знайти виробництво для виготовлення малої партії, хоча можливе виготовлення за рахунок виробництва замовника)
12	Ризики проекту (помилковість у розробці концепції проекту, неплатоспроможність замовника, поява альтернативного продукту, коливання валютного курсу тощо)	1.Банкротство замовника 2.Відмова замовника у разі появи незацікавленості 3.Невиконання постачальниками наших замовлень. 4.Розпад команди

5.2. Реєстр зацікавлених сторін проекту

Особа/ Організація	Рівень впливу (від 1- min до 3- max)	Ступінь зацікавленості (від 1-min до 3- max)	Заходи щодо задоволення потреб зацікавлених сторін (стратегія управління)	Відповідальний, коментарі
Замовник-спонсор	3	3	Надання інформації при запиті. Організація конференцій у разі виникнення форсмажорних ситуацій та у випадку потреби обговорити нюанси та деталі.	Головний конструктор

Керівник підприємства	3	2	Урегулювання у плані задовільнення потреб у методі виробництва та постачання матеріалів	Головний конструктор
Функціональні керівники	2	1	Залучення до експертно-консультативної групи проекту, інформування	Головний конструктор Або Інженер-конструктор
Члени команди	3	3	Тісна співпраця, загальний збір та брейншторм у разі виникнення потреби внесення корегувань у етапи проекту, агітація та підтримка зацікавленості	Головний конструктор
Співробітники підприємства	2	1	Консультації, опитування спостереження, інформування	Головний конструктор Або Інженер-конструктор

Постачальники	2	2	Інформування, тісна співпраця у разі	Технолог
Конкуренти	2	2	Спостереження за тенденціями на ринку та напрямком зацікавленості роботодавців та контроль публічної інформації щодо ходу проекту	Головний конструктор Або Інженер- конструктор

5.3. SWOT-аналіз проекту Аналіз діючих факторів

Мета проекту		
+	S Згуртована, комунікативна, досвідчена та цілеспрямована проектна команда. Доступні ресурси та їх широкий асортимент. Гнучкість виробництва	O Суттєве підвищення КПД робітників та темпів виробництва
–	W Нестандартність ідеї та кінцевого виробу Складність адаптивного налаштування	T Висока собівартість масового облаштування великої кількості робітників. Швидке зістаріння у зв'язку з

		гнучкістю у модернізації
--	--	--------------------------

Пошук конструктивного рішення

Мета проекту		
	О	Т
S	Постійні консультації в середині колективу (колективний брифінг), ефективне використання потенціалу команди, проведення колективних нарад, нарад експертних груп	Гнучкість робочого дня в залежності від швидкості та успішності виконання етапів проекту.
W	Можливість виконання певних завдань гуртуючись у маленькі групи.	

5.4. Узагальнений перелік робіт проекту

(мінімальна деталізація, верхній рівень ІСР)

1. Планування етапів розробки проекту та формування команди інженерів та конструкторів.
2. Аналіз аналогів, прототипів та областей застосування. Визначення концепції та майбутнього потенціалу активного екзоскелету.
3. Розробка конструкторської документації для експериментального екземпляру.
4. Узгодження КД експериментального екземпляру та його передача на виробничий потужності замовника.
5. Налагодження та оптимізація роботи екзоскелету.
6. Проведення випробувань на підприємствах та аналіз ефективності.

7. Внесення змін до конструкторської документації екзоскелету.
Виправлення виявлених проблем, їх пропрацювання та усунення, перед серійним виробництвом.
8. Запровадження КД у масове виробництво.
9. Проведення випробувань на підприємствах та аналіз ефективності серійних екземплярів.

5.5. Перелік посадових осіб, що задіяні у проекті

1. Головний конструктор (Менеджер проекту)
2. Інженери-конструктори - 2 чол.
3. Технологи - 2 чол.

Матриця відповідальності проекту з розробки екзоскелету

Робота	Головний конструктор (Менеджер проекту)	Інженери-конструктори	Технологи
1. Планування етапів розробки проекту та формування команди інженерів та конструкторів	В ОВ	С П	
2. Аналіз аналогів, прототипів та областей застосування. Визначення концепції та майбутнього потенціалу активного екзоскелету	З ОВ	В П	С П

3. Розробка конструкторської документації для експериментального екземпляру	З ОВ	В П	С П
4. Узгодження КД експериментального екземпляру та його передача на виробничий потужності замовника	З ОВ	С П	В П
5. Налагодження та оптимізація роботи екзоскелету	З ОВ	В П	С П
6. Проведення випробувань на підприємствах та аналіз ефективності	З ОВ	В П	С П
7. Внесення змін до конструкторської документації екзоскелету. Виправлення виявлених проблем, їх пропрацювання та усунення, перед серійним виробництвом	З ОВ	В П	С П
8. Запровадження КД у масове виробництво	ОВ	С	В

5.6. План ключових віх проекту

Проект ініційовано (розпочато) – 16.01.2023 р.

Контрольна точка	Виконання за розкладом	Фактичне виконання	Відхилення	Причини, план дій, коментарі
Концепція активного екзоскелету розроблено та затверджено	10.02.23 (запас до 17.02.23)			
Завершення розробки КД на прототип	26.05.23 (запас до 2.06.23)			
КД узгоджено з замовником та передано у виробництво	23.06.23 (запас до 30.06.23)			
Прототип активного екзоскелету виготовлений замовником	28.07.23 (можливе відхилення зі сторони замовника)			
Проведення випробувань на підприємствах та аналіз ефективності	7.08.23 По 1.09.23			
КД	29.09.23			

допрацьована				
Перший серійний активний екзоскелет виготовлено	3.11.23			
Проведення випробувань на підприємствах та аналіз ефективності серійної моделі	1.12.23			
Відсвяткування успішного завершення проекту	22.12.23			

5.7. Перелік витрат проекту

1. Витрати на оплату праці та податки.
2. Накладні та управлінські витрати.
3. Витрати на матеріали та комплектуючі для виготовлення прототипу та серійного екземпляру.
4. Витрати на оренду лабораторію, інструменти, обладнання та комп'ютерів з програмами для розробки та моделювання.
5. Витрати на оренду станків для впровадження дрібних змін у конструкцію.

6. Витрати на утримання устаткування і експлуатацію приміщень.

7. Витрати на роботи, що виконуються сторонніми організаціями.

5.8. Перелік функцій та компетенцій керівника (менеджера) проекту

Функції керівника проекту:

- визначення цілей, пріоритетів, критеріїв успіху проекту;
- участь у визначенні принципів реалізації проекту;
- організація та безпосередня участь у розробці плану управління проектом (планування термінів, витрат, ризиків тощо);
- оперативний контроль ходу реалізації проекту (дотримання запланованих термінів, витрат);
- набір команди проекту та координація діяльності учасників команди, розробка системи мотивації та заохочення учасників команди;
- взаємодія з керівництвом організації та іншими зацікавленими сторонами проекту, надання інформації щодо ходу реалізації проекту;
- організація проведення тендерів по вибору підрядних організацій;
- контроль зобов'язань сторін у розрізі укладених договорів;
- контроль оформлення документації силової приводу.

Компетенції керівника проекту:

- знання в галузі управління проектами, навички використання програмних продуктів з управління проектами;
- знання в галузі менеджменту та управління персоналом;
- знання основ машинобудування, виробничого процесу та методів виготовлення певних деталей;
- результативний досвід управління проектами або певний рівень знань у цьому;

- знання законодавчих, нормативно-правових і нормативних актів, норм і правил, що регламентують сферу діяльності організації;
- наявність лідерських якостей та організаторських здібностей або певний рівень критичного мислення та стресостійкість;
- навички ведення переговорів або достатня компетентність у ході процесу.

5.9. Основні заходи з управління командою проекту

1. Визначення складу команди проекту та розподілення її по групах.
2. Проведення переговорів з керівником виробництва-спонсором та керівниками функціональних підрозділів організації щодо відбору штатних спеціалістів для участі у проекті на тимчасовій основі.
3. Пошук та залучення позаштатних спеціалістів за участю відділу кадрів організації та/або пошук через власні зв'язки у сфері діяльності.
4. Проведення установчих зборів та/або брифінгів з визначенням завдань для кожного члена команди та/або певних груп у команді.
5. Проведення планових зборів з оцінкою поточної діяльності, обговоренням та вирішенням конфліктних питань.
6. Проведення індивідуальних зустрічей "керівник проекту-члени команди" з вирішенням конфліктних питань.
7. Організація функціонування системи мотивації та заохочення.
8. Організація підвищення кваліфікації членів команди (тренінги, семінари, профільні виставки).
9. Організація заходів для підвищення згуртованості команди (тімбілд)

5.10. Ризики проекту

Ризикована подія (ризик)	Вірогідність події (у балах від 1 до 5)	Вплив події (у балах від 1 до 5)	Рівень ризику (вірогідність х вплив)	Рівень ризику (незначний, середній, недопустимий)

Банкротство замовника	2	5	10	Середній
Відмова замовника у разі появи незацікавленості	2	3	6	Незначний
Невиконання постачальниками наших замовлень	1	2	2	Середній
Розпад команди	1	3	3	Незначний
Призов головного конструктора на військову службу	3	5	15	Недопустимий
Помилковість у розробці концепції проекту	1	3	3	Незначний
Поява альтернативного продукту	3	2	6	середній
Нестача кваліфікованого персонала	1	4	4	середній

Неплатоспроможність Замовника	2	4	8	середній
----------------------------------	---	---	---	----------

5.11. Основні заходи з контролю якості проекту

1. Кожен 14-21-й день проводити аналіз ефективності роботи над проектом.

По результатам побудувати:

- Гістограму розподілу причин виникнення проблем процесу управління.
- Діаграму «Ісікави»
- Діаграми Парето

Відповідальний: головний конструктор.

Допомагають: інженери-конструктори та технологи

2. Проводити інспекцію після завершення кожного етапу на предмет уточнень, помилок, похибок, на предмет відповідності, якості матеріалів та комплектуючих .

Відповідальні: інженери-конструктори та технологи.

3. Тестування гідравлічного приводу та каркасу екзоскелету на предмет браку, не стикунок та невідповідності (гідравлічні модулі, вузли кріплення, відповідність деталей).

Відповідальні: інженери-конструктори та технологи.

Допомагає: головний конструктор.

5.12. Закупівлі проекту

Перелік робіт проекту	Рішення щодо реалізації робіт (виконуються самостійно або замовляються зовнішньому постачальнику)	Перелік основних закупівель, що здійснюються для реалізації робіт проекту (канцелярські товари, оргтехніка, інструмент, обладнання, програмне забезпечення, комплектуючі тощо)
Планування етапів розробки проекту та формування команди інженерів та конструкторів	Виконуються самостійно силами зібраної команди	Послуги лабораторних дослідів, послуги з математичного аналізу, комп'ютери, принтери, канцелярські товари, розхідні матеріали для оргтехніки, послуги з впровадження системи з управління проектами, послуги з системного адміністрування ПК, послуги телефонного та інтернет-зв'язку, послуги з банківського обслуговування, послуги з юридичного консультування.

Аналіз аналогів, прототипів та областей застосування. Визначення концепції та майбутнього потенціалу екзоскелету	Виконуються самостійно силами зібраної команди	Кульман або стіл 4хА0, канцелярські товари, розхідні матеріали для оргтехніки, доступ до інформаційних та аналітичних ресурсів
Розробка конструкторської документації для експериментального екземпляру	Виконуються самостійно силами зібраної команди	Програмне забезпечення, комп'ютери, принтери, канцелярські товари, розхідні матеріали для оргтехніки
Узгодження КД експериментального екземпляру та його передача на виробничий потужності замовника	Виконуються самостійно силами зібраної команди	Канцелярські товари, комп'ютери, принтери, розхідні матеріали для оргтехніки
Збірка, налагодження та оптимізація роботи екзоскелету	Виконуються силами зібраної команди та замовником-виробником	Потрібно закупити (компоненти, комплектуючі екзоскелету, інструменти тощо)
Проведення випробувань на підприємствах та аналіз ефективності	Виконуються самостійно силами зібраної команди	Транспортні послуги

Внесення змін до конструкторської документації екзоскелету. Виправлення виявлених проблем, їх пропрацювання та усунення, перед серійним виробництвом	Виконуються самостійно силами зібраної команди	Канцелярські товари, комп'ютери, принтери, розхідні матеріали для оргтехніки
Запровадження КД у масове виробництво	Виконуються самостійно силами зібраної команди	Канцелярські товари, комп'ютери, принтери, розхідні матеріали для оргтехніки
Серійне виробництво екзоскелету	Виконуються Замовником-виробником	Потрібно закупити (компоненти, комплектуючі екзоскелету, інструменти тощо)
Проведення випробувань на підприємствах та аналіз ефективності серійних екземплярів	Виконуються самостійно силами зібраної команди	Транспортні послуги

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Під час роботи було проаналізовано існуючі екзоскелети та запропоновано новий, більш ергономічний та легкий, силовий екзоскелет.

Розроблено гідравлічну схему мускульної системи екзоскелету.

Основним вдосконаленням стало зменшення ваги, габаритів гідроциліндрів та зменшення частки електроніки у системі керування, що дозволить зменшити як вагу екзоскелета так і покращити ергономічність системи на людині.

Також було застосовано відповідну методику розрахунків, що дозволить відкорегувати та оптимізувати характеристики, перед випробуванням прототипів.

Зокрема було наведено технологію виготовлення виробу, що дозволить інтегрувати його у виробництво без великих змін на виробничій лінії.

Виконано розділи охорони праці та стартап-проекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1].Методичні вказівки до курсового проекту за курсом «Проектування об'ємних гідроприводів». Укладач В. К. Буслов. Київ, НТУУ «КПІ», 2008 р.
- [2].<https://masla-smazki.com/ua/p461119-agrinol-mge-46v.html>
- [3].<http://agrinol.ua/ru/produkcija/masla/gidravlicheskie/mge-46v/>
- [4].<https://metall-holding.com.ua/catalog/aluminij/krug-aluminievij-2>
- [5].<https://firma-tera.com.ua/ua/a253906-harakteristiki-oblast-primeneniya.html>
- [6].<https://metall-postach.com.ua/ua/g56555675-krug-alyuminievij-d1t>
- [7].[https://metall-postach.com.ua/ua/g56555677-krug-alyuminievij-d16t \](https://metall-postach.com.ua/ua/g56555677-krug-alyuminievij-d16t)
- [8].ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання».
- [9].Положення про випускну атестацію студентів КПІ ім. Ігоря Сікорського [Електронний ресурс] / Уклад.: В. П. Головенкін, В. Ю. Угольніков. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 98 с.
- [10].Системи протипожежного захисту [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#n14>.
- [11].Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
- [12]. Кулаков Ю.О. Науково-дослідна робота магістра. [Електронний ресурс] Навч. посіб.– К.: Центр учбової літератури, 2011. – 144 с Режим доступу: <http://comsys.kpi.ua/ukrainian/lib/1/>
- [13]. Важинський С. Є., Щербак Т. І. Методика та організація наукових досліджень: Навч. посіб. Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. 260 с.
- [14].Методологія та організація наукових досліджень : навчально-методичний посібник / В. М. Михайлов та ін. Х.: ХДУХТ, 2014. 220 с.
- [15]. Методологія наукових досліджень : навч.посіб. / В.С. Антонюк, Л.Г. Полонський, В.І. Аверченков, Ю.А. Малахов. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 276 с.

- [16].Sawicki, G.S., Beck, O.N., Kang, I. et al. The exoskeleton expansion: improving walking and running economy. J NeuroEngineering Rehabil 17, 25 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00663-9>
- [17].Mooney, L.M., Rouse, E.J. & Herr, H.M. Autonomous exoskeleton reduces metabolic cost of human walking during load carriage. J NeuroEngineering Rehabil 11, 80 (2014). <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-80>
- [18].Li Q, Naing V, Donelan JM: Development of a biomechanical energy harvester. J Neuroeng Rehabil 2009, 6: 22. 10.1186/1743-0003-6-22
- [19].EMG based elbow joint powered exoskeleton for biceps brachii strength augmentation Vladimir Krasin, Vaibhav Gandhi, +1 author M. Karamanoğlu Published 12 July 2015
- [20].Browning RC, Modica JR, Kram R, Goswami A: The effects of adding mass to the legs on the energetics and biomechanics of walking. Med Sci Sports Exerc 2007, 39: 515-525. 10.1249/mss.0b013e31802b3562
- [21]. <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/lekciya-10-zahalni-vidomosti-pro-hidropryvod-ta-hidravlichni-mashyny-z-dyscypliny-hidravlika-hidro-ta-pnevmopryvody-143-hm.pdf>
- [22]. <https://medshop.com.ua/ua/medichni-mebli/krisla/kreslo-meditinskoe-lojer-6801.html>
- [23].<https://kiev.prom.ua/ua/p1562633228-gidravlicheskij-podyomnik-lift.html>
- [24].<https://lebedka.ua/lebidka-gidravlichna-hammer-winch-hmw-142-pht-en-142-t-staleviy-korpus>
- [25].https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/12467/1/Iurii%20Popadiukha_5r.pdf

Г19

Raschet skeleta.xlsx

	A	B	C	D	E	F
43	Розрахунок швидкості					
44	S_porch	0,80384	m^2	площа поршневої порожнини		
45	v	9,952229299	m/min	швидкість виштовкування		$v=Q/S_{porh}$
46	Q	8	L/min	витрата (заповнити)		від 1,5 до 8,4 л/хв
47						від 750 до 4000 об/хв
48	S_rab_sht	0,60288	m^2	площа штокової порожнини		
49	v	13,26963907	m/min	швидкість втягування		$v=Q/S_{rab_sht}$
50	Q	8	L/min	витрата (заповнити)		
51	Розрахунок діаметру підводящих отворів					
52						
53	d_pidv	5,828402526	mm	діаметр підводящих отворів		$d_{nцл} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_p}} = \sqrt{\frac{4 * (V_{шп}/60) * \pi D^2/4}{\pi v_p}}$
54	d_pidv_okrug	6	mm	округлення по таблиці (заповнити)		
55	Розрахунок циліндру на міцність					
56	S_stenki	1,955467151	mm	мінімальна товщина стінки		На третій і четвертий теоремі трикутності розраховують деталі з в'язких матеріалів (більшість сталевої деталі)
57	D	32	mm	діаметр поршня (заповнити)		
58	$\sigma_{tekuchesty}$	210	Мпа	макс. Допустимий тиск (в залежності від типу матеріалу (пластичний матеріал або крихкий)) (заповнити)		$S = \frac{D}{2} \left(\sqrt{\frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{adm} - 1,73P}} - 1 \right)$
59						
60						
61	p1	25	Мпа	тиск в напірній лінії (заповнити)		35 макс
62	S_stenki_okrug	3	mm	мінімальна товщина стінки від 3 мм		
63	D_vnesh	38	mm	мін. зовнішній діаметр з урахуванням товщини стінки гильзы		
64	Розрахунок різьби на міцність					
65	σ_{prochn}	0,579038796				$\sigma = \frac{4P_z}{\pi d_s^2 z}$
66	k_zatyag	2,5		коефіцієнт затягування (для постійного навантаження $k_z = 1,25 \dots 1,5$; для змінного навантаження $k_z = 2,5 \dots 4$); P - зусилля, що діє на різьбове з'єднання.		де P_p - розрахункове навантаження, $P_p = k_z P$; d_s - внутрішній діаметр різьблення, $d_s = d_s - S_p$; d_s - зовнішній діаметр різьблення, S_p - крок різьблення; z - кількість різьбових гвинтів, що сприймають навантаження; k_z - коефіцієнт затягування (для постійного навантаження $k_z = 1,25 \dots 1,5$; для змінного навантаження $k_z = 2,5 \dots 4$); P - зусилля, що діє на різьбове з'єднання.
67						
68						
69	d_vnutr	55	mm	внутрішній діаметр різьби (заповнити)		
70	P	550	H	зусилля (заповнити)		
71	Розрахунок гідравлічної схеми					
72	Q_teor	0,001333333	m^3/sec			
73	V_vsmok	0,5	m/sec	середня швидкість всмоктування (заповнити)		0,5 ... 1,5
74	V_zluyv	1,4	m/sec	середня швидкість зливу (заповнити)		1,4 ... 2,2
75	V_nagnit	3	m/sec	середня швидкість нагнітання (заповнити)		3 ... 6
76	внутрішній діаметр труби					
77	d_teor_vsmok	0,029142013	m			$d_t = \sqrt{4Q_t / \pi v}$
78	d_teor_zluyv	0,048763914	m			де Q_t - витрата рідини на ділянці, що розраховується, м^3/с; v_{op} - середня швидкість рідини, м/с.
79	d_teor_nagnit	0,071383061	m			
80	За прийнятим діаметром визначаємо дійсну швидкість рідини					
81	V_vsmok_diysh	2	m/sec			За прийнятим діаметром визначається дійсна швидкість рідини, м/с:
82	V_zluyv_diysh	0,714285714	m/sec			$v = \frac{4Q_t}{\pi d_t^2}$
83	V_nagnit_diysh	0,333333333	m/sec			

Готово

Додаток 2.

Готово

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид

Вставить Вырезать Копировать Формат по образцу Буфер обмена

Calibri 11 Шрифт

Выравнивание

Общий Число

Г19

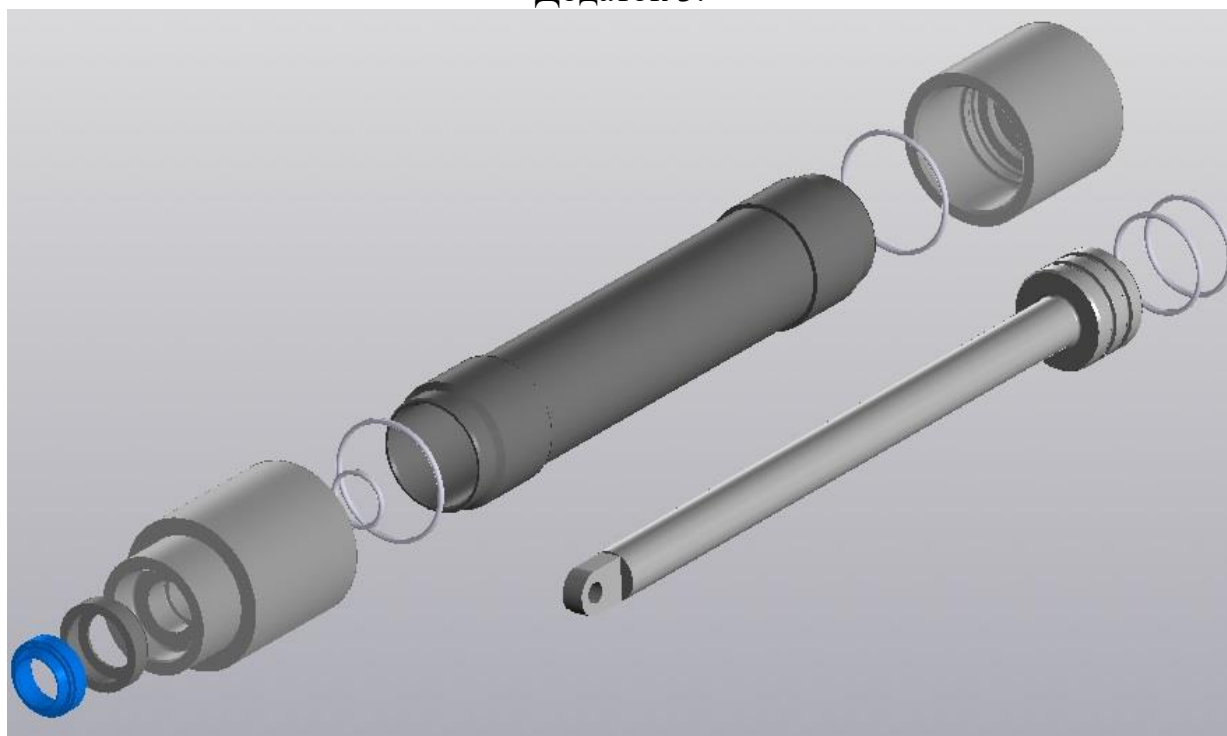
Raschet skeleta.xlsx

	A	B	C	D	E	F
43	Розрахунок швидкості					
44	S_porch	0,80384	m^2	площа поршневої порожнини		
45	v	9,952229299	m/min	швидкість виштовхування		v=Q/S_porch
46	Q	8	L/min	витрата (заповнити)		від 1,5 до 8,4 л/хв
47						від 750 до 4000 об/хв
48	S_rab_sht	0,60288	m^2	площа штокової порожнини		
49	v	13,26963907	m/min	швидкість втягування		v=Q/Srab_sht
50	Q	8	L/min	витрата (заповнити)		
51	Розрахунок діаметру підводящих отворів					
52						
53	d_pidv	5,828402526	mm	діаметр підводящих отворів		$d_{\text{пци}} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_p}} = \sqrt{\frac{4 * (V_{\text{шп}}/60) * \pi D^2 / 4}{\pi v_p}}$
54	d_pidv_okrug	6	mm	округлення по таблиці (заповнити)		
55	Розрахунок циліндру на міцність					
56	S_stenki	1,955467151	mm	мінімальна товщина стінки		По трьох і чотирьох теоріям прочності розраховують деталі з в'язким матеріалом (більшість сталевих деталей)
57	D	32	mm	діаметр поршня (заповнити)		
58	σ_tekuchesty	210	Мпа	макс. Допустимий тиск (в залежності від типу матеріалу (пластичний матеріал або крихкий)) (заповнити)		$S = \frac{D}{2} \left(\frac{\sigma_{\text{доп}}}{\sigma_{\text{ном}} - 1,73p} - 1 \right)$
59						
60						
61	p1	25	Мпа	тиск в напірній лінії (заповнити)		35 макс
62	S_stenki_okrug	3	mm	мінімальна товщина стінки від 3 мм		
63	D_vnesh	38	mm	мін. зовнішній діаметр с учётом толщины стенки гильзы		
64	Розрахунок різьби на міцність					
65	σ_prochn	0,579038796				$\sigma = \frac{4P_p}{\pi d_s^2 z}$
66	k_zatyag	2,5		коефіцієнт затягування (для постійного навантаження $k_3 = 1,25 \dots 1,5$, для змінного навантаження $k_3 = 2,5 \dots 4$); P - зусилля, що діє на різьбове з'єднання.		де P_p - розраховане навантаження, $P_p = k_3 P$; d_s - внутрішній діаметр різьблення, $d_s = d_2 - S_p$; d_s - зовнішній діаметр різьблення; S_p - крок різьблення; z - кількість різьбових з'єднань, що створюють навантаження, k_3 - коефіцієнт затягування (для постійного навантаження $k_3 = 1,25 \dots 1,5$, для змінного навантаження $k_3 = 2,5 \dots 4$); P - зусилля, що діє на різьбове з'єднання.
67						
68						
69	d_vnutr	55	mm	внутрішній діаметр різьби (заповнити)		
70	P	550	H	зусилля (заповнити)		
71	Розрахунок гідравлічної схеми					
72	Q_teor	0,001333333	m^3/sec			
73	V_vsmok	0,5	m/sec	середня швидкість встмоктування (заповнити)		0,5 ... 1,5
74	V_zluyv	1,4	m/sec	середня швидкість зливу (заповнити)		1,4 ... 2,2
75	V_nagnit	3	m/sec	середня швидкість нагнітання (заповнити)		3 ... 6
76	внутрішній діаметр труби					
77	d_teor_vsmok	0,029142013	m			$d_T = \sqrt{4Q_T / \pi v_{\text{ср}}}$
78	d_teor_zluyv	0,048763914	m			де Q_T - витрата рідини на донні, що розраховується, м^3/сек; $v_{\text{ср}}$ - середня швидкість рідини, м/сек.
79	d_teor_nagnit	0,071383061	m			
80	За прийнятим діаметром визначаємо дійсну швидкість рідини					
81	V_vsmok_diysn	2	m/sec			За прийнятим діаметром визначається дійсна швидкість рідини, м/сек:
82	V_zluyv_diysn	0,714285714	m/sec			
83	V_nagnit_diysn	0,333333333	m/sec			$v = \frac{4Q_T}{\pi d_T^2}$

Данное

Лист2 Лист3

Додаток 3.



7

