

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

приладів та контрольно-вимірювальних систем
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Прилад для дослідження лінійного зношування
циліндричних деталей спричинених тертям при обертанні**

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи РНм-61
спеціальності _____

Мікро- та наносистемна техніка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Митулинський Р.Р.
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) Чайковський А.В.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис) Апостол Ю.О.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____
(підпис) Паламар М. І.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) _____
(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

ЗМІСТ

ВСТУП

РЕФЕРАТ

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Пошук патентний та аналіз даного питання

1.2 Огляд методів і засобів вимірювання і контролю заданих параметрів

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Кінематична схема вибраного варіанту

2.2 Опис роботи приладу

2.3 Розрахунок основних точнісних і якісних характеристик

2.4 Конструктивний розрахунок елементів приладу

2.4.1 Розрахунок наступної потужності двигуна для приводу зразка

2.4.2 Вибір двигуна

2.4.3 Розрахунок пасової передачі

2.4.4 Перевірка довговічності пасу

2.4.5 Конструктивні розміри шківів

2.4.6 Навантаження на вали передачі

2.4.7 Зусилля пружини фрикційних муфт

2.4.8 Зусилля пружини

2.5 Розрахунок похибки вимірювань зношення

2.6 Похибка перекосу вимірювальних губок

3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

3.1 Постановка задачі

3.2 Визначення виду аналітичної залежності і її коефіцієнтів

4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Розробка функціональної схеми

4.2 Вибір давача

4.3 Аналіз метрологічний

4.4 Опис алгоритму роботи

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТЄДІЯЛЬНОСТІ

5.1 Вплив шуму на організм людини та розробка заходів щодо його зниженню до допустимих величин для обладнання

5.2 Особливості розслідування та обліку нещасних випадків невиробничого характеру

5.3 Загальні положення та визначення. Мета та завдання розслідування нещасних випадків. Обов'язки роботодавця щодо розслідування нещасних випадків. Обставини, за яких проводиться розслідування

5.4 Підвищення стійкості роботи підприємств, приладобудівної галузі у воєнний час

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ДОДАТКИ

РЕФЕРАТ

Тема “Прилад для дослідження лінійного зношування циліндричних деталей спричинених тертям при обертанні”.

Мета проекту - розробка приладу для дослідження лінійного зношування циліндричних деталей.

Кваліфікаційна робота магістра складається з таких розділів:

- аналітична частина;
- основна частина;
- науково-дослідна частина;
- спеціальна частина;
- охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Об’єкт контролю – зношування зразків під час тертя.

Під час виконання даної роботи було опрацьовано такі питання:

- в аналітичній частині проведено огляд методів і засобів вимірювання і контролю заданих параметрів
- в основній частині зроблений опис роботи приладу, пророблений конструктивний розрахунок елементів приладу, розраховано похибки вимірювань зношення зразків.
- в науково-дослідницькій частині описано математичне моделювання передачі обертового руху в двомасовій системі, розроблено схему структурну системи двохмасової, побудовано графіки та рисунки.
- в спеціальній частині створено функціональну схему керування приладом, проведено аналіз метрологічний, здійснено опис алгоритму роботи.

Ключові слова: КІНЕМАТИЧНА СХЕМА, ПАСОВОЇ ПЕРЕДАЧІ, ТЕРТЯ, ЗНОШЕННЯ, ОБЕРТОВИЙ РУХ

ВСТУП

Розвиток сучасних вимірювальних засобів, спрямованих на вирішення проблем автоматизації, що виникають при управлінні різними процесами (випробування, технології, діагностика, дослідження, тощо), відбувається за стрімким зростанням типів вимірювань, з постійним розширенням і зростанням діапазонів вимірювань. Ключовою вимогою до розширеної функціональності та фундаментальною особливістю сучасного вимірювального обладнання є включення програмованої обчислювальної потужності в вимірювальну схему, зокрема у формі мікропроцесора або комп'ютерного пристрою. Перехід до технологічних вимірювальних пристроїв призводить до того, що вимірювальний пристрій складається з двох частин - апаратної та програмної, оскільки велика частина процедур вимірювання в них реалізована в цифровому вигляді є, за допомогою вимірювального приладу та шкали цифрових матричних перетворень.

Якість продукції підприємств машинобудування, що випускається, залежить від якості вимірювань та їх кількості, що використовуються для контролю технологічних параметрів процесу виробництва, а також від розмірів, властивостей і характеристик отриманої продукції.

У виробництві обладнання до 15% трудовитрат витрачається на проведення вимірювань, що забезпечують наявність якості, надійності та взаємозамінності продукції.

Дослідження зносу деталей машин є дуже важливим, оскільки багато машин та їхніх частин з ладу виходять саме через знос.

Випробування на знос проводилися в лабораторних умовах на деталях, зразках і компонентах, а також у нормальних умовах експлуатації на машинах.

Порівняльні випробування на знос матеріалів, засобів захисту і матеріалів мастильних проводять переважно на зразках.

Випробування на абразивне зношування деталей в умовах, близьких до робочих, є тривалими і супроводжуються частими штучними пусками і

зупинками, інтенсифікованими режимами навантажень, штучною загрязнюваністю. Ці випробування також, переважно, носять порівняльний характер.

Вимірювання температурних полів в процесі зношування потрібне для оцінки роботи здатності вузлів тертя, теплостійкості і точності машин. Температура впливає на роботу вузлів тертя через температурні зміни зазорів, різку зміну в'язкості мастила, зміну властивостей поверхневих шарів матеріалу контактних пар.

Розробка методів і засобів вимірювання триває. Їх розробка та успішне використання у виробництві потребує знання основ технічного вимірювання, будови сучасних засобів вимірювання та методики роботи з ними.

Вимірювання температури, як основного контрольованого параметра і як даних для корекції результатів вимірювань і відключення різних виконавчих механізмів і обладнання, що використовується для зміни умов і умов вимірювального експерименту, є дуже поширеним завданням.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Пошук патентний та аналіз даного питання

В даній роботі розглядаються вимірювання зміни лінійних розмірів деталей, що піддаються впливу тертя та зношення.

Тертя і зношення обумовлені взаємодією деталей, що доторкаються, які знаходяться під дією навантаження і переміщуються по відношенню один до другого.

Зношення – це процес поступової зміни розмірів деталі, що проходить при терті.

Зносостійкість матеріалу в значній мірі залежить від умов його роботи. Фрикційні властивості залежать в рівній мірі як від природи матеріалів, так і від вузла тертя і режимів його роботи.

Основною задачею антифрикційних досліджень матеріалів є вивчення впливу факторів на процес тертя і зношення.

Найбільше поширення при оцінці величини зношення методом мікрометрування отримали кінцеві міри довжини, мікрометри, індикаторні нутроміри, важільні скоби, важільно-механічні прилади, важільно-оптичні прилади, інструментальні універсальні мікроскопи. Кінцеві міри довжини (ГОСТ 9038-59) мають форму прямокутного паралелепіпеда чи прямого кругового циліндра з двома плоскими паралельними вимірювальними

Мікрометричний вимірювальний інструмент може бути вмонтований в різного виду скоби, вимірювальні прилади, пристосування і т.п.

1.2 Огляд методів і засобів вимірювання і контролю заданих параметрів

Найбільш поширеними методами в засобах вимірювання для визначення величини зношення деталей є метод мікрометричним вимірювань. Він базується на вимірюванні деталі при допомозі механічних контактних чи яких-небудь інших приладів до і після дослідження на зношення. А також поширеним застосуванням є впровадження індуктивних датчиків.

При допомозі індуктивних датчиків можна вимірювати зношення в процесі дослідження без зупинки машини. Принцип роботи: переміщення досліджуваного зразка по мірі зношування викликає переміщення якоря, внаслідок чого змінюються зазори, що впливають на величину коефіцієнта індукції магніту в мостовій схемі. Реєстрація зношення здійснюється самопишучим чи стрілочним приладом. Конструкції індуктивних датчиків можуть бути виконані по важільній і безважільній схемі системи. Передаточне відношення в датчика з важільною системою більше 1, а у безважільного – рівне 1. Для вимірювання зношення в декілька міліметрів може бути використаний датчик з великим ходом. При його допомозі можна контролювати зміну лінійних розмірів до 10 мм.

Основними перевагами індуктивного методу вимірювання є висока точність вимірювання, яка може конкурувати з точністю оптичних вимірювань, простота приладу, надійність і велика довгочасність експлуатації, можливість дистанційного вимірювання, можливість реєстрації зміни величини зношення в процесі дослідження у вигляді діаграм, низька вартість. Недоліки: вплив зміни частоти змінного струму на покази датчика, залежність показів від зовнішнього магнітного поля, неможливість використання любого індуктивного датчика з будь-яким електроблоком.

Існує ряд вимірювальних засобів і пристосувань для вимірювання лінійного зношення і тертя досліджуваних матеріалів. Всі вони відрізняються за експлуатаційними умовами, геометрією досліджуваних матеріалів, автоматизацією процесу, габаритними розмірами, масою, складністю конструкції, вартістю, надійністю, точністю і іншими параметрами.

Застосовувані в даний час установки не дозволяють виміряти зношення без зупинки машини. Зупинка пов'язана з порушенням умов досліджень і внесенням в результати вимірювання випадкових похибок. Наш пристрій для вимірювання зношення цього недоліку не має.

Для вимірювання сил тертя поширені динамічний (пружинний) і маятниковий методи. У сучасних лабораторних пристроях використовують дослідні колони жорсткості високої з електричною вагою (рисунок 1.1).

Це дротяні датчики, прикріплені до гнучкого вимірювального елемента (зазвичай це сталевий дротяний стрижень, який називається натягувачем або кільцем). Дротові та променеві перетворювачі променя мають такі переваги: мала інерційність, можливість автоматичного запису маркерів, висока чутливість, телеметрія. Недоліком лічильників струму є залежність їх показань від температури, оскільки нагрівання змінює опір перетворювачів.

Дуже поширеною схемою є така, при якій з одного боку моста підключається провідний (робочий) трансформатор, а з прилеглої сторони — невідний (схожий на робочий). В результаті похибка вимірювання температурна значно зменшується. Обидва перетворювачі прикріплені до того самого металу, що й сталеве кільце тензодатчика, або до балки. Його використання дозволяє скоротити час, необхідний для підготовки та проведення дослідження, підвищити довіру до отриманих результатів.

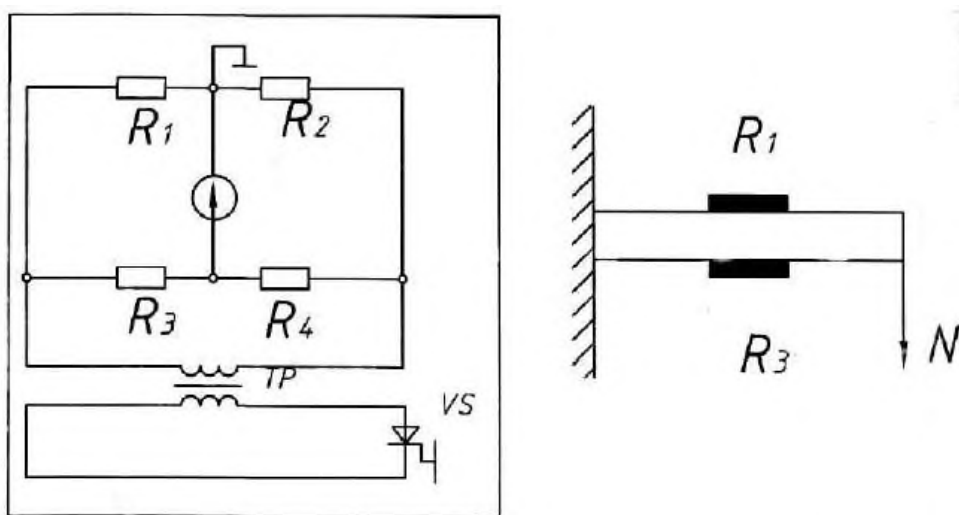


Рисунок 1.1 – Зображення схематичне моста тензометричного для вимірювання сил тертя

Для того щоб виміряти момент тертя, у вимірюванні використовуються манометричні (гідродинамічні) системи в поєднанні із системами

тензометричними. Схема для манометра для того, щоб виміряти момент диференціальний крутний на рис. 1,1 показана.

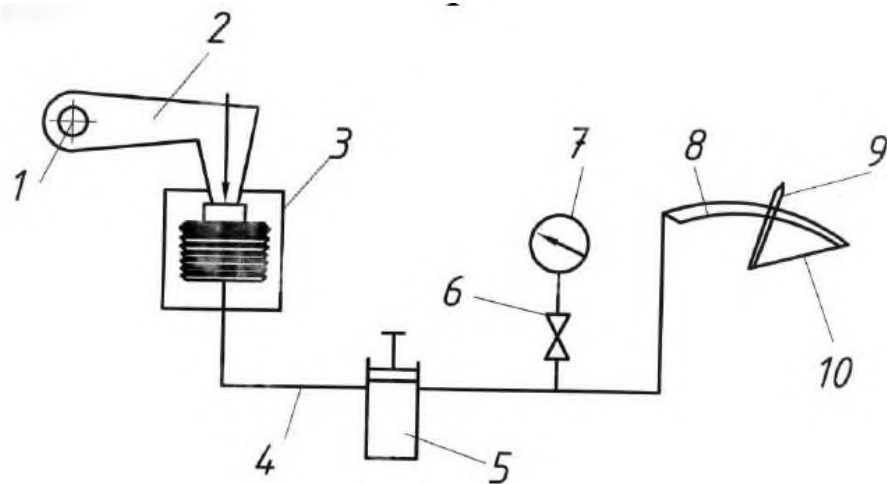


Рисунок 1.2 - Схема для манометра для того, щоб виміряти момент тертя: 1 – деталь, що обертається навколо своєї осі; 2 – жорстка балка; 3 – мездоза; 4 – труба провідна; 5 – компенсатор порошковий; 6 – клапан запірний; 7 – прилад манометричний; 8 – трубка Бурдона; 9 – прилад запису інформації; 10 – елемент пружинний

За прототип взято машину для дослідження матеріалів на зношення. Вимірювання здійснюється за схемою

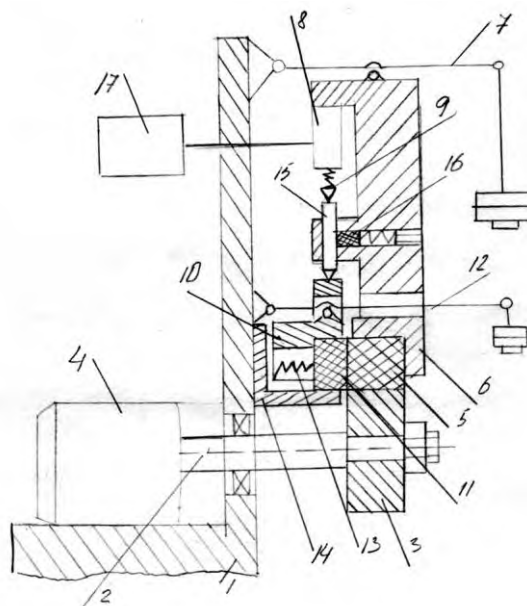


Рисунок 1.2 – Пристрій для вимірювання лінійних розмірів

Пристрій містить основу 1, утримувач 2 контрзразка 3, привід 4, обертання утримувача контрзразка відносно зразка 5, утримувач 6 зразка і вузол 7 його навантаження, датчик 8 лінійного зношення з пружним елементом 9, утримувач 10 імітатора 11 зразка, вузол 12 навантаження імітатора, прижим 13 імітатора до зразка 5, кронштейн 14, стержень 15, фрикціон 16 і реєстратор 17, з'єднаний з датчиком 8 лінійного зношення.

Привід 4 приводить в рух контрзразок 3. Вузол 7 навантажує зразок 5. Вузол 12 задає таке ж навантаження імітатору 11, при цьому імітатор 11 опирається на кронштейн 14. В результаті фрикційного нагріву зразка 5 при терті, контрзразок 3, який обертається, відбувається однакове збільшення лінійних розмірів зразка 5 і притиснутому до нього імітатора 11. Це викликає однакові переміщення утримувача 6 зразка і утримувача 10 імітатора 11. В результаті зразка тертя зразка 5 об контрзразок 3, проходить їх зношення, що виражається в зменшенні їх лінійних розмірів, тому утримувач 6 зразка переміщається на меншу відстань, ніж утримувач 10 імітатора. Це приводить до того, що утримувач 10 імітатора швидше пересуває стержень 15, ніж утримувач 6 зразка, внаслідок чого стержень 15 починає стискувати пружний елемент 9 датчика 8, закріплений на утримувачі 6 зразка, на величину лінійного зношення зразка 5 і контрзразка 3, що фіксує реєстратор 17.

Дана конструкція відрізняється тим, що з метою підвищення точності вимірювання зношення, вона обладнана утримувачем імітатора, додатком вузлом навантаження шарнірно зв'язана з утримувачем імітатора і встановленим на основі стержнем, встановленим в утримувачі зразка з можливістю переміщення відносно нього.

Його використання дозволяє скоротити час підготовки і проведення досліджень і підвищити достовірність отриманих результатів.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Кінематична схема вибраного варіанту

Прилад складається з супорта поздовжньої подачі на верхніх салазках якого встановлені двохконтактна скоба з закріпленим на ній індуктивним датчиком і електродвигун при допомозі якого через пасову і рейкову передачі проходить поздовжнє переміщення скоби. На нерухомій частині супорта встановлені регульовані обмежувачі ходу. Індуктивний датчик під'єднаний до електричного пристрою запису інформації.

Працює пристрій наступним чином. Його встановлюють на машині тертя і орієнтують так, щоб напрям переміщення рухомих салазок супорта співпадав з віссю обертання зразка. Щоб визначити величини зношення по всій досліджуваній поверхні зразка на різних етапах дослідження, не зупиняючи машину вводять вимірювальні губки (наконечники) скоби в контакт з поверхнею в діаметрально протилежних точках. Мікрометричним гвинтом скоби вибирається вільний хід вимірювального стержня індуктивного датчика і створюється попередній натяг. Після цього здійснюється рівномірне переміщення скоби вздовж осі зразка при допомозі електродвигуна.

Зміна розміру діаметра призводить до зміщення вимірювальних губок скоби, одна з яких жорстко зв'язана з частиною основної датчика індуктивного, друга ж скоба контактує з його вимірювальним стержнем, це призводить до певної зміни значення сигналу, що реєструє самописець. В результаті здійснюється діаграмний запис зміни значення вибірки розміру діаметра протягом її тривалості, утворений на різних стадіях дослідження.

Порівняння отриманих діаграм дає можливість для визначення величину зношення лінійного в різних поперечних січеннях зразка.

2.2 Опис роботи приладу

Прилад створений для того, щоб вимірювати зміни лінійних розмірів деталей, що піддаються впливу тертя та зношення. Для процесу дослідження

він складається з роторного приводу, завантажувального блоку та системи вимірювання зносу.

Поворотний привід складається з головного двигуна, муфти запобіжної, шківів та вала. Обертається привід за допомогою пасової передачі.

Завантажувальний вузол складається із зразка, стержня та тримача (поз. 17). Повертаючи рукоятку, стискаючи навантажувальну пружину та регулюючи натяг відповідно до завдання, у зоні тяги маємо силу між 200-300 Н. Для значень дискретних сили контакту можна використати постійне навантаження кількох знімних вантажів.

Вимірювальна система складена з каретки (поз.14), індуктивного датчика, щупів (поз.23), які кріпляться на державках (поз.22) та відносно направляючих мають переміщення (поз.21) і впоперек по салазках (поз.19), з допомогою додаткового двигуна. вимірювання здійснюється індуктивним датчиком, який підпружинений пружинами $P=1-2$ Н.

Під час процесу обертання між зразком і калібром зразка виникає тертя, що спричиняє знос матеріалу зразка та зміну його калібру. Зміна вимірювання контролера спричиняє рух щупів вимірювання, один з яких жорстко прикріплений до корпусу датчика індуктивного, а інший же має регулювальний гвинт, який в кінцевому підсумку натискається під точним кутом вимірювання, викликає відповідну зміну зареєстрованого сигналу. Тому зміну розміру вибірки по всій її довжині фіксуємо діаграмою. Порівнюючи отримані діаграми, можна визначити ступінь зношення лінійного.

2.3 Розрахунок основних точнісних і якісних характеристик

Порівняння отриманих діаграм дає можливість отримати значення стану величини зношення лінійного в різних поперечних січеннях зразка.

Величина зношення лінійного оцінюється наступним чином. На діаграмі (рис.1) виділяються дві ділянки поверхні:

аб – база (незношуюча ділянка);

бв – ділянка зношення.

Діаграмний запис зміни діаметральних розмірів зразка на різних етапах дослідження:

0 – початкова;

I, II – після 30000 і 70000 циклів відповідно.

Зношення “I” визначають по зміні положення контрольних точок 1, 2, ... n, відносно бази в відповідності обрахунків по формулі:

$$I_j = \frac{1}{2nk} \sum_{i=1}^n (l_{ij} - l_{i0}),$$

де k – масштаб запису;

l – відстань від бази до контрольної точки, (мм);

i – номер контрольної точки;

j – порядковий номер етапу дослідження;

n – кількість контрольних точок.

Складається з корпусу, в якому розміщені дві котушки індуктивності. Роль якоря виконують два диски, закріплені на вимірювальному стержні.

Принцип роботи: при переміщенні стержня міняються повітряні зазори між котушками і дисками, що викликає зміну їх індуктивності і приводить до розбалансу моста.

Границя вимірювання, мм	0 – 0,4
Вільний хід вимірювального стержня, мм	2
Гранична похибка датчика, мм	±0,5
Вимірювальне зусилля, Г	200
Приєднаний розмір, мм	Ø28C _{2a}

2.4 Конструктивний розрахунок елементів приладу

Умови:

1. Розробити привід обертання зразка
2. Матеріал зразка – Сталь 45 $\varnothing 80$ мм
3. Конструкція вузла тертя $F=200..300$ Н; $n=1000$ об/хв.
4. Замінити пасову передачу

2.4.1 Розрахунок наступної потужності двигуна для приводу зразка

Визначаємо момент тертя

Для сталюого зразка коефіцієнт тертя по сталюому брускоу

$$f_T = 0,16..0,18$$

Приймаємо максимальне значення $f_T = 0,18$.

Момент тертя

$$T_T = F_T \cdot R, \text{ де}$$

F_T – сила тертя зразка з брускоу;

R – радіус зразка; в нашому випадку $R = 40$ мм.

$$F_T = F_H \cdot f_T = (200..300)0,18 = (36..54) \text{ Н}$$

F_H – навантаження на зразок.

F_T – приймаємо по максимальному значенню: $F_T = 54$ Н.

Момент тертя $T_T = F_T \cdot R = 54 \cdot 0,04 = 2,16$ Нм

Визначаємо потужність від моментів тертя

$$W_T = \omega \cdot T_T,$$

де ω - кутова швидкість зразка. $\omega = 1000$.

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 105 \text{ c}^{-1}$$

$$W_T = \omega \cdot T_T = 105 \cdot 2,16 = 226 \text{ Вт}$$

2.4.2 Вибір двигуна

Попередньо приймаємо, що привід від двигуна до зразка буде виконано через двохступінчасту пасову передачу. Для двохступеневої пасової передачі приймаємо коефіцієнт корисної дії $\eta \approx 0,8$.

Тоді необхідна потужність двигуна:

$$W = \frac{W_T}{\eta} = \frac{226}{0,8} = 283 \text{ Вт}$$

Приймаємо асинхронний двигун серії 4А типорозміру 63В2 потужністю 0,55 кВт і синхронною швидкістю обертання вала $\omega_g = 1500$ об/хв., коефіцієнт ковзання $s = 8,5\%$.

Визначаємо частоту обертання вала двигуна

$$\omega_{ог} = \frac{\pi \cdot n_{ог}}{30} = \frac{3,14(500 - 85)}{30} = 148 \text{ с}^{-1}$$

2.4.3 Розрахунок пасової передачі

Визначаємо передаточне відношення пасової передачі:

$$i = \frac{\omega_{ог}}{\omega} = \frac{148}{105} = 1,4$$

Визначаємо момент на валу двигуна

$$T_1 = \frac{W}{\omega_{ог}} = \frac{283}{148} = 1,9 \text{ Нм}$$

Визначаємо діаметр ведучого шківів:

$$d_1 \approx 6\sqrt[3]{T_1} \approx 6\sqrt[3]{1,9 \cdot 10^3} \approx 74,5 \text{ мм}$$

За ДСТУ 17383-73 приймаємо діаметр шківів:

$$d_1 = 71 \text{ мм.}$$

Визначаємо діаметр веденого шківів з врахуванням відносного проковзування ременя ε

$$d_2 = d_1 \cdot i(1 - \varepsilon)$$

Для передач з регульованим натягом ременя $\varepsilon = 0,01$.

$$d_2 = 71 \cdot 1,4(1 - 0,01) = 98,4 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_2 = 100$ мм

Уточнюємо передаточне відношення і частоту обертання зразка

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{100}{71} = 1,408$$

$$\omega_{\text{зразка}} = \frac{\omega_{\text{дв}}}{i} = \frac{148}{1,408} = 104 \text{ c}^{-1}$$

$$\frac{(\omega - \omega_{\text{зразка}})}{\omega} \cdot 100\% = \frac{(105 - 104)}{105} \cdot 100\% \approx 1\%$$

Отже, неточність обертання складає 1%, що допустимо.

Міжосьова відстань передачі:

$$a = 2(d_1 + d_2) = 2(71 + 100) = 342 \text{ мм}$$

Кут обхвату малого шківів:

$$\alpha_1^0 \approx 180^0 - 60 \frac{d_2 - d_1}{2} = 180 - 60 \frac{100 - 71}{342} = 175^0$$

Довжина ременя

$$L = 2a + 0,5\pi(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} = 2 \cdot 342 + 0,5 \cdot 3,14(100 + 71) + \frac{(100 - 71)^2}{4 \cdot 342} = 953 \text{ мм}$$

Розрахункова швидкість ременя:

$$v = 0,5d_1\omega_{\text{дв}} = 0,5 \cdot 71 \cdot 148 = 5254 \text{ мм/с} = 5,25 \text{ м/с}$$

Кругова сила

$$F_t = \frac{W}{v} = \frac{283}{5,25} = 54 \text{ Н}$$

По таблиці оберемо пас Б-800, з товщиною прокладок $\delta_0 = 1,5$ мм, з найбільшим допустимим навантаження $P_0 = 3$ Н/мм кількість прокладок буде рівним 1.

Умова виконання $\delta \leq 0,025d_1$ буде

$$\delta = \delta_0 \cdot Z = 1,5 \cdot 1 = 1,5 \text{ мм}$$

Точнісні характеристики:

Кут обхвату:

$$C_\alpha = 1 - 0,003(180\alpha_1^0) = 1 - 0,003(180 - 173) = 0,985$$

Коефіцієнт, за допомогою якого обчислюється значення швидкості пасу:

$$C_v = 1,04 - 0,0004 \cdot v^2 = 1,04 - 0,0004 \cdot 5,25^2 = 1,03$$

Коефіцієнт режиму роботи

$C_p=1$ – для рівномірного навантаження.

Коефіцієнт, що враховує кут нахилу лінії центрів передачі

$C_\theta=1$ – для паралельних валів.

Припустимо значення навантаження робочого, що рахується на ширину прокладки зі значенням 1 мм, Н/мм

$$[P] = P_0 C_\alpha C_v C_p C_\theta = 3 \cdot 0,985 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 3,04 \text{ Н/мм}$$

Ширина ремня, мм

$$b \geq \frac{F_t}{z \cdot [P]} = \frac{54}{3,4 \cdot 1} = 16 \text{ мм}$$

Приймаємо по табл. 7.1.[1] $b=20$ мм.

Попередній натяг ремня, Н

$$F_1 = F_0 + 0,5 F_t = 34 + 0,5 \cdot 54 = 61 \text{ Н}$$

Натяг веденої вітки

$$F_2 = F_0 - 0,5 F_t = 34 - 0,5 \cdot 54 = 7 \text{ Н}$$

Напруження від сили F_1 , МПа

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{b \delta} = \frac{61}{20 \cdot 1,3} = 2,03$$

Напруження згину, МПа

$$\sigma_z = E_z \frac{\delta}{d_1} = 1000 \frac{1,5}{71} = 2,11 \text{ МПа},$$

де $E_z=100$ для гумо-тканинних ременів

Напруження від відцентрової сили:

$$\sigma_v = \rho V^2 \cdot 10^{-6} = 1100 \cdot 5,25^2 \cdot 10^{-6} = 3,03 \cdot 10^{-2} \text{ МПа};$$

$\rho=1100$ кг/м³ – густина для паса

Максимальне напруження, МПа

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 + \sigma_z + \sigma_v = 2,03 + 2,11 + 3,03 \cdot 10^{-2} = 4,17$$

2.4.4 Перевірка довговічності пасу

Число пробігів:

$$\lambda = \frac{v}{l} = \frac{5,25}{0,953} = 5,5c^{-1}$$

$$C_i = 1,5\sqrt[3]{i} - 0,5 = 1,5\sqrt[3]{1,408} - 0,5 = 1,18$$

$C_H = 1$ - при постійному навантаженні

Довговічність, год

$$H_0 = \frac{\sigma_1^6 \cdot 10^7 C_i C_H}{\sigma_{\max}^6 \cdot 2 \cdot 3600 \lambda} = \frac{7^6 \cdot 10^7 \cdot 1,18}{4,96^6 \cdot 2 \cdot 3600 \cdot 5,5} = 2,35 \cdot 10^3$$

2.4.5 Конструктивні розміри шківів

Ширину ободу B приймаємо згідно таблиці 7.6 [1] $B=25$ мм.

Шорсткість робочої поверхні $R_a \leq 2,5$ мкм.

Товщина ободу біля краю:

$$S = 0,005d + 3$$

$$S_1 = 0,005 \cdot 71 + 3 = 3,4 \text{ мм}$$

Приймаємо $S_1 = 3,5$ мм

$$S_2 = 0,005 \cdot 100 + 3 = 3,5 \text{ мм}$$

Приймаємо $S_1 = 3,5$ мм

Товщина диску: $m \approx (0,8..1)S$

Приймаємо $m_1 = m_2 = 4$ мм

Довжина ступиці шківів:

$$l = (1,5 \div 2) d_0;$$

$$l_1 = (1,5 \div 2) \cdot 19 = (28,2 \div 38) \text{ мм}$$

Приймаємо $l = 30$ мм, де $d_0 = 19$ – діаметр вихідного вала двигуна.

Приймаємо $l_2 = 30$ мм.

Зовнішній діаметр ступиці

$$d_c = (1,8 \div 2) d_0 = (1,8 \div 2) \cdot 19 = (34,2 \div 38) \text{ мм.}$$

Приймаємо $d_{c_1} = d_{c_2} = 36$ мм

2.4.6 Навантаження на вали передачі, Н

$$F_B = 3 \cdot F_0 \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2} = 3 \cdot 34 \sin \frac{175}{2} = 102$$

Вибір і перевірочний розрахунок муфти

Вибираємо запобіжну фрикційну муфту

2.4.7 Зусилля пружини фрикційних муфт

Визначаємо за формулою:

$$Q_{np} = \frac{2T_{\max}}{D_{cp} \cdot f \cdot z},$$

де $T_{\max}$ – максимальний момент, що передається

D_{cp} – середній діаметр дисків

f – коефіцієнт тертя

z – кількість робочих поверхонь.

В нашому випадку:

$D = 90$ мм – зовнішній діаметр диску

$d = 50$ мм – внутрішній діаметр диску

$$\text{Отже, } D_{cp} = \frac{D+d}{2} = \frac{90+50}{2} = 70 \text{ мм}$$

Для сталених робочих поверхонь коефіцієнт тертя $f=0,18$.

В нашому випадку кількість робочих поверхонь $z=2$.

Максимальний момент визначається за виразом:

$$T_{\max} = \frac{\beta \cdot T_2}{k_m \cdot k_v},$$

де T_2 – крутний момент, що передається муфтою.

$$T_2 = 2,16 \text{ Нм.}$$

$\beta=1,3$ – коефіцієнт запасу зчеплення, що залежить від характеру роботи.

$k_m = 1$ – коефіцієнт, що враховує частоту включення. (для постійних муфт) $k_m = 1$.

$k_v = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує швидкість тертя.

Середня швидкість тертя на діаметрі $D_c = 70$ мм при частоті обертання 1000 об/хв.

$$v_c = \frac{\pi D_{cp} n}{60} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 1000}{60 \cdot 10^3} = 3,66 \text{ м/с}$$

$$\text{Отже, } T_{\max} = \frac{\beta \cdot T_2}{k_m \cdot k_v} = \frac{1,3 \cdot 2,16}{1 \cdot 0,9} = 3,12 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2.4.8 Зусилля пружини

Визначаємо зусилля пружини

$$Q_{np} = \frac{2T_{\max}}{D_{cp} \cdot f \cdot z} = \frac{2 \cdot 3,12}{0,07 \cdot 0,18 \cdot 2} = 247,6 \text{ Н}$$

Проведемо перевірку по питомому тиску на робочі поверхні. Для сталевих деталей допустимий контактний тиск становить: $[p] = 0,4 \dots 0,6$ МПа.

Площа контакту:

$$S = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{3,14(90^2 - 50^2)}{4} = 4396 \text{ мм}^2 = 0,0044 \text{ м}^2$$

Умова забезпечується при виконанні нерівності:

$$\frac{Q_{np}}{S_k} < [p]$$
$$\frac{247,6}{0,0044} = 56272 \text{ Па} < (4 \dots 6) 10^5 \text{ Па}$$

Отже, умова виконується.

Перевірочний розрахунок підшипників

Номінальна довговічність підшипника в годинах визначається за формулою

$$L_h = \frac{10^6 L}{60n} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^p,$$

де C – динамічна вантажопідйомність;

P – еквівалентне навантаження;

p – показник степеня.

Ми вибрали попередньо підшипники радіальні однорядні №205, для яких:

$$D = 52 \text{ мм}$$

$$d = 25 \text{ мм}$$

$$B = 15 \text{ мм}$$

$$C = 14 \text{ кН}$$

$p = 3$ для шарикопідшипників.

Визначаємо еквівалентне навантаження P . При відсутності осьової складової

$$P = V \cdot F_r \cdot K_\sigma \cdot K_T,$$

де $V=1$ – коефіцієнт кільця при обертанні внутрішнього кільця;

F_r – радіальне навантаження;

$K_\sigma=1,2$ – коефіцієнт, що враховує характер роботи. Для роботи з малими навантаженнями без поштовхів.

$K_T=1$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури. Для підшипників, які працюють при температурі до 100°C $K_T = 1$.

З попереднього розрахунку знаємо, що найбільш навантаженою опорою є опора В, отже, розрахунок проводимо для неї.

Радіальне навантаження на опору визначимо із слідуєчих рівнянь:

$$\begin{cases} M_y^A = F_t(b+c) - B_x \cdot b = 0 \\ M_x^A = F_H(b+c) - B_y \cdot b = 0 \end{cases}$$
$$B_x = \frac{F_t(b+c)}{b} = \frac{54(100+30)}{100} = 70,2 \text{ Н}$$
$$B_y = \frac{F_H(b+c)}{b} = \frac{300(100+30)}{100} = 390 \text{ Н}$$

Сумарна реакція

$$F_r = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} = \sqrt{70,2^2 + 390^2} = 396 \text{ Н}$$

$$P = 1 \cdot 1,2 \cdot 396 = 475 \text{ Н}$$

Отже,
$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^p = \frac{10^6}{60 \cdot 1000} \left(\frac{1,4 \cdot 10^3}{475} \right)^3 = 0,42 \cdot 10^6 \text{ год}, \quad \text{що повністю}$$

достатньо.

2.7 Розрахунок похибки вимірювань зношення

$$\Delta = \Delta_{\text{д}} + \Delta_{\text{оп}} + \Delta_{\text{АЦП}}$$

де Δ - похибка вимірювання зношення;

$\Delta_{\text{д}}$ – похибка індуктивного датчика; (береться з паспортних даних $\Delta_{\text{д}} = 0,5\%$)

$\Delta_{\text{оп}}$ – похибка операційного підсилювача

$\Delta_{\text{АЦП}}$ – похибка АЦП.

Похибка операційного підсилювача рівна:

$$\Delta_{\text{оп}} = \Delta_{\text{зм}} + \Delta_{\text{i}} + \Delta_{\text{t}}$$

де $\Delta_{\text{зм}}$ – напруга зміщення нуля

Δ_{i} – різниця вхідних струмів

Δ_{t} – температурний дрейф.

В операційних підсилювачах на біполярних транзисторах напруга зміщення визначається в основному розкидом напруг: $\Delta U_{\text{еб}}$ – емітерно-базових переходів вхідних транзисторів:

$$U_{\text{зм}} \approx U_{\text{еб2}} - U_{\text{еб1}} = U_{\text{еб}}$$

Для компенсації похибки $\Delta_{\text{зм}}$ викликаной напругою зміщення в ланцюзі живлення операційних підсилювачів вводимо змінні резистори. Вхідні струми операційних підсилювачів протікаючи через ланцюги вхідних сигналів, створюють різницю ΔU падінь напруги на їх внутрішніх опорах R_{r1} і R_{r2} , рівну

$$\Delta U = I_{\text{вх1}} \cdot R_{\text{r1}} - I_{\text{вх2}} \cdot R_{\text{r2}} \quad (1.4)$$

Для компенсації цієї похибки вводимо додаткові опори, які під'єднуємо до вільних вхідних виводів ОП. Отже, похибка операційного підсилювача визначається температурним дрейфом, який береться з технічних даних на конкретну мікросхему. Для операційного підсилювача КР140УД17А температурний дрейф рівний:

$$TKU = 1,3 \text{ мкВ/ } ^\circ\text{C}$$

Так як температура в приладі рівна $28 - 30 \text{ } ^\circ\text{C}$, то

$$\Delta t = TKU_{\text{зм}} \cdot t = 1,3 \cdot 30 = 39 \text{ мкВ}$$

$$\text{Отже } \Delta_{\text{оп}} = 0,039\% \approx 0,04\%$$

Вибір АЦП проводимо так щоб похибка АЦП була меншою від похибки вимірювань:

$$\delta_{\text{АЦП}} < \delta_{\Delta_{\text{мм}}} ; \delta_{\text{АЦП}} = \frac{1}{2^n}$$

Так як в даному випадку похибка вимірювання 1-2% то ми використовуємо 10-ти розрядне АЦП: $\Delta_{\text{АЦП}} = 0,093\%$.

Відповідно похибка вимірювання зношення:

$$\Delta_{\text{зн}} = 0,55\%$$

Похибка вимірювання температури:

$$\Delta_{\text{тем}} = 1,45\%$$

Похибка вимірювання навантаження

$$\Delta_{\text{нав}} = 0,45\%.$$

2.8 Похибка перекосу вимірювальних губок

Визначимо похибку, викликану зазором в направляючих. Схема розрахункового вузла показана на рисунку 2.1

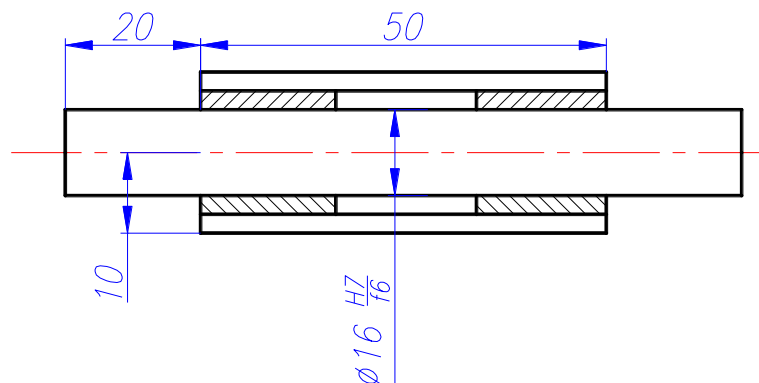


Рисунок 2.1 – Похибка зазору

Для даного спів'язення максимальний зазор: $S_{\text{max}} = 0,043$

Мінімальний $S_{\text{min}} = 0,016$ мм, а середній $S_{\text{ср}} = 0,029$ мм.

Звідси похибка зазору $\Delta_{\text{зз}} = 0,00578$ мм.

3 НАУКОВО- ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

3.1 Моделювання передачі обертового руху в двомасовій системі

Крім процесу, необхідного для того, щоб здійснити моделювання окремих функціональних вузлів у системі пристрою, слід також враховувати їх сукупний вплив на процес моделювання в цілому.. Таку систему називають багатомасовою. У нашому випадку розглянемо особливості його моделі на прикладі системи передачі обертового руху від двигуна до робочого механізму. Для спрощення аналізу багатомасових систем махові маси скорочуються до двох: двигуна з моментом інерції J_1 і робочої машини з моментом інерції J_2 , відділених пружним моментом $M_{пр}$. Тобто згорнемо структурну схему до двомасової (див. рис. 3.1):

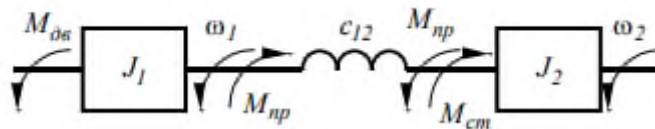


Рисунок 3.1- Еквівалентна схема двомасової системи з пружним зв'язком

Можна визначити кутову деформацію пружного елемента таким чином:

$$\Delta\varphi = \int_0^t (\omega_1 - \omega_2) dt .$$

Рівняння руху для 1-ї маси

$$M_{дв} - M_{пр} = J_1 \frac{d\omega_1}{dt} .$$

Рівняння руху для 2-ї маси

$$M_{пр} - M_{см} = J_2 \frac{d\omega_2}{dt} .$$

Нарешті, двомісячну систему можна записати у вигляді системи диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} J_1 \frac{d\omega_1}{dt} = M_{\partial s} - M_{np}; \\ J_2 \frac{d\omega_2}{dt} = M_{np} - M_{cm}; \\ \frac{d\Delta\varphi}{dt} = \omega_1 - \omega_2; \\ M_{np} = c_{12} \cdot \Delta\varphi. \end{cases}$$

$$\Delta\varphi = \int_0^t (\omega_1 - \omega_2) dt.$$

Ця функціональна модель отримана за умови, що момент внутрішнього тертя вала є незначним, оскільки момент зовнішнього опору від навантаження більш значний.

Принципова схема двохмасової системи, побудованої за цією функціональною моделлю наведено на рис. 3.2.

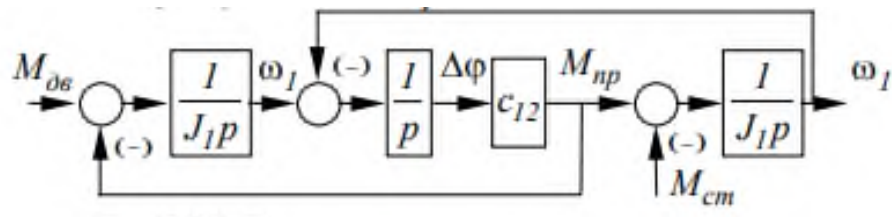


Рисунок 3.2 - Структурна схема двомасової системи

З механічної точки зору наявність перехресних зв'язків у структурній схемі може створювати підвищену тенденцію до виникнення коливальних режимів. Тому, переходячи до імітаційного моделювання процесу дослідження, зважаючи на обсяг обчислень і точність отриманих результатів, важливим є вибір способу інтегрування кількості функціональних моделей, у тому числі h та вибір кроку інтегрування.

Механізми передавальні, що з'єднують двигун і робочу частину машини, здебільшого не є валами суцільними. Для зміни швидкості двигуна між двигуном і редуктором часто встановлюють редуктор. Для того, щоб змодельовати передачу потужності через підшипники редуктора в двомасовій механічній системі слід враховувати вплив номера зубчастого вузла на динаміку вихідної підсистеми. (див. рис. 3.3).

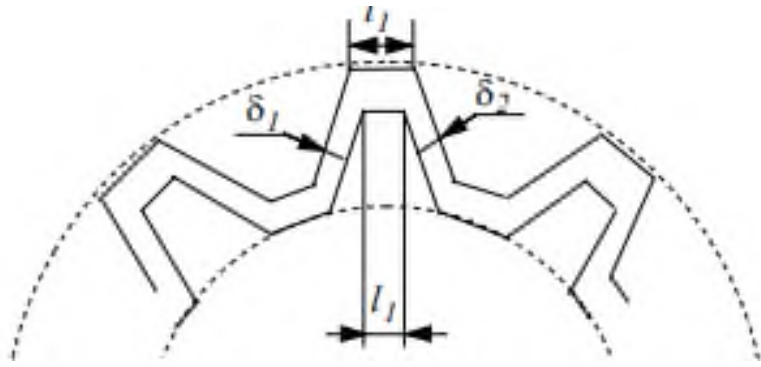


Рисунок 3.3 - Зазор в механічній передачі

Якщо є зазор, пружний момент нелінійно пов'язаний з кутом повороту: $M_{пр} = f(\varphi)$. Коли ротор двигуна починає рухатися, механічна частина не рухається через відсутність зазору. Момент пружний буде при цьому $M_{пр} = 0$.

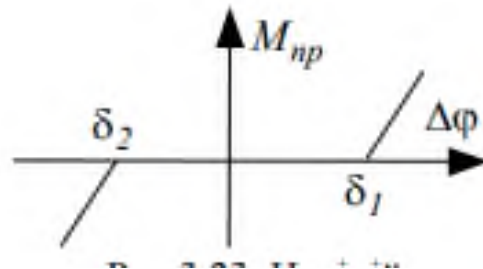


Рисунок 3.4 - Пружний момент

Після того, як виберуть зазор, починає обертатися механічна частина. Момент пружний часу має місце. В підсумку залежність $M_{пр} = f(\varphi)$ є невідповідність типу "нечутливість", показаної на рис. 3.4. Значення для зазору δ_1 і δ_2 на рис. 3.3 в залежності від положення початкового переходу. Буде так

$$\delta_1 = \delta_2 = \frac{\delta}{2},$$

$$\text{де } \delta = l_1 - l_2$$

З урахуванням зазору сформовано систему диференціальних рівнянь двомасової механічної системи

$$\left\{ \begin{array}{l} J_1 \frac{d\omega_1}{dt} = M_{зб\omega} - M_{np}; \\ J_2 \frac{d\omega_2}{dt} = M_{np} - M_{cm}; \\ \frac{d\Delta\varphi}{dt} = \omega_1 - \omega_2; \\ M_{np} = \begin{cases} c_{12} \left(\Delta\varphi - \frac{\delta}{2} \right), & \Delta\varphi \geq \frac{\delta}{2}; \\ 0, & |\Delta\varphi| < \frac{\delta}{2}; \\ c_{12} \left(\Delta\varphi + \frac{\delta}{2} \right), & \Delta\varphi \leq -\frac{\delta}{2}. \end{cases} \end{array} \right.$$

Схема структурна, відповідна до цієї системи рівнянь є зображеною на рис. 5.

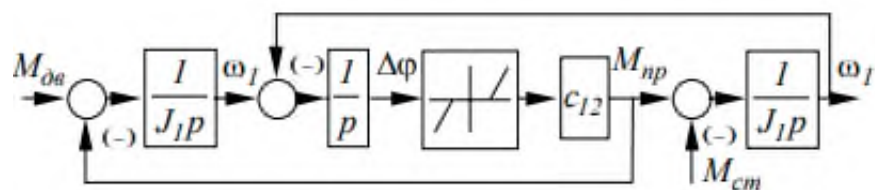


Рисунок 3.5 - Схема структурна системи з двома масами, що враховує значення зазору в передачі зубчатій

Зробимо процес симулювання динаміки двомасової системи, що спочатку має постійний крутний момент (рис.5), починаючи з постійним приводним моментом, виходячи з робочих параметрів зазначеної системи, поданих в табл. 1, на S-моделі за допомогою розширення пакета MATLAB – SIMULINK, як зображено на рис. 6.

Таблиця 3.1 - Дані вихідні для здійснення розрахунків динамічних системи двомасової.

$M_{d\varphi}, \text{Нм}$	$M_{cm}, \text{Нм}$	$J_1, \text{кгм}^2$	$J_2, \text{кгм}^2$	c_{12}	$2\delta, \text{с}^{-1}$
100	50	0.1	0.4	5000	0.1

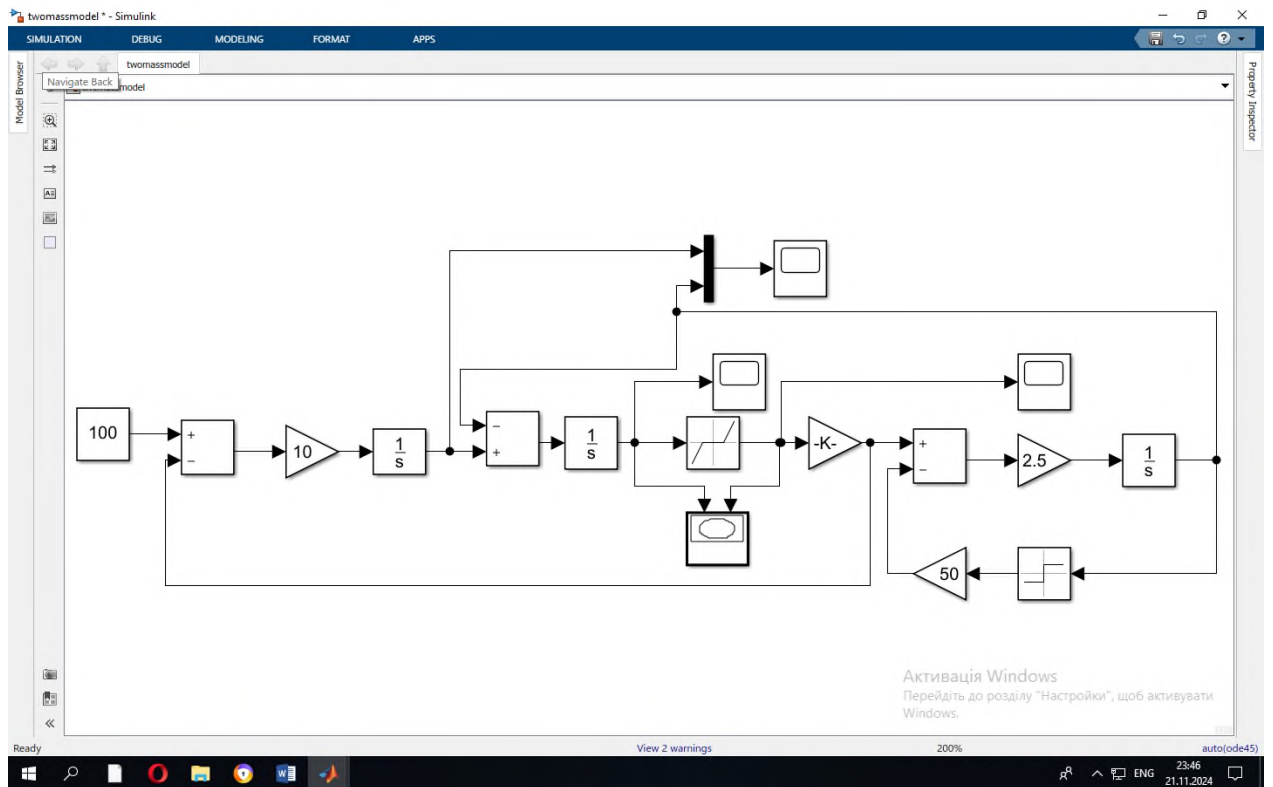
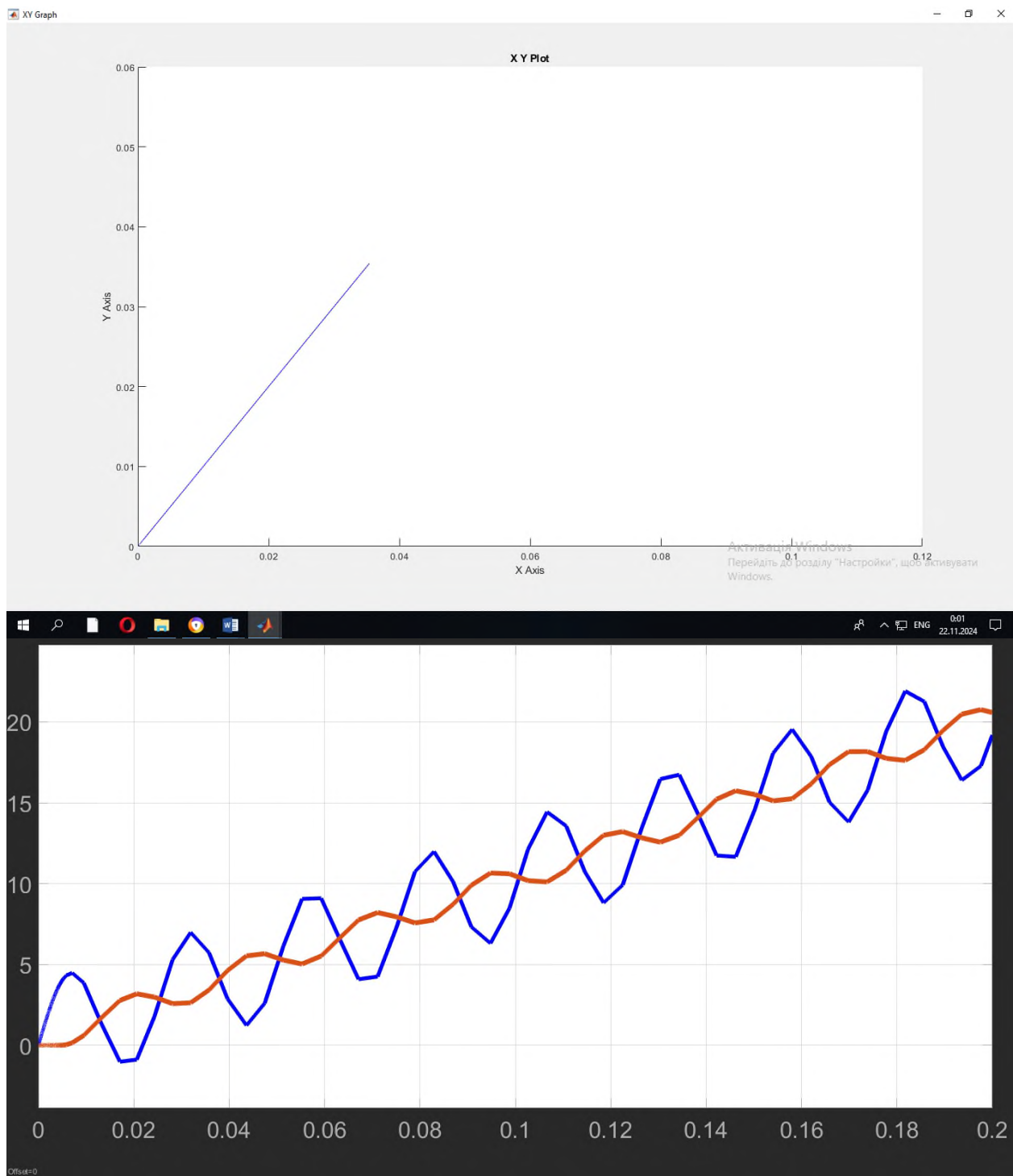
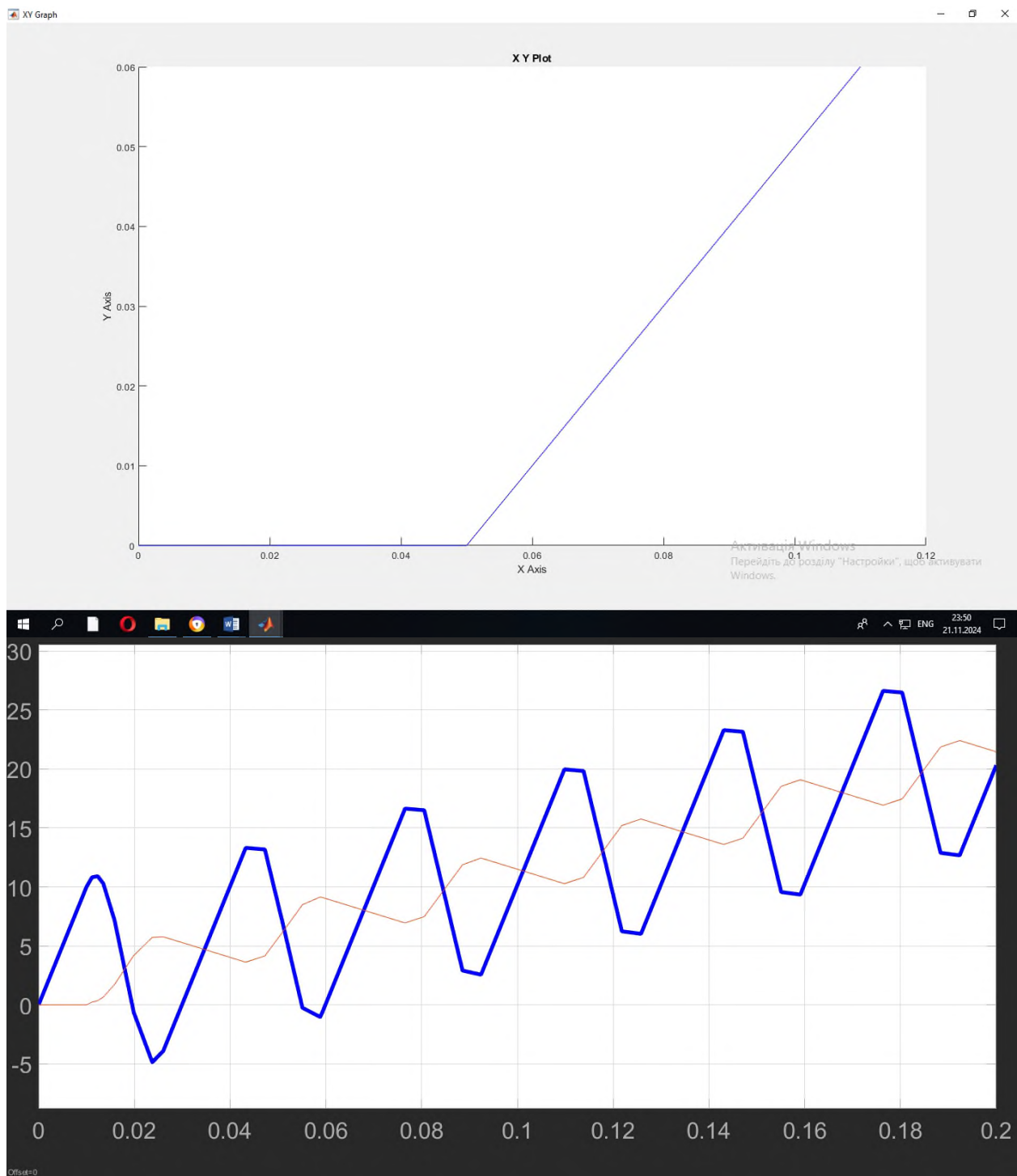


Рисунок 3.6 - Схема структурна моделі системи з двома масами, що враховує зазор

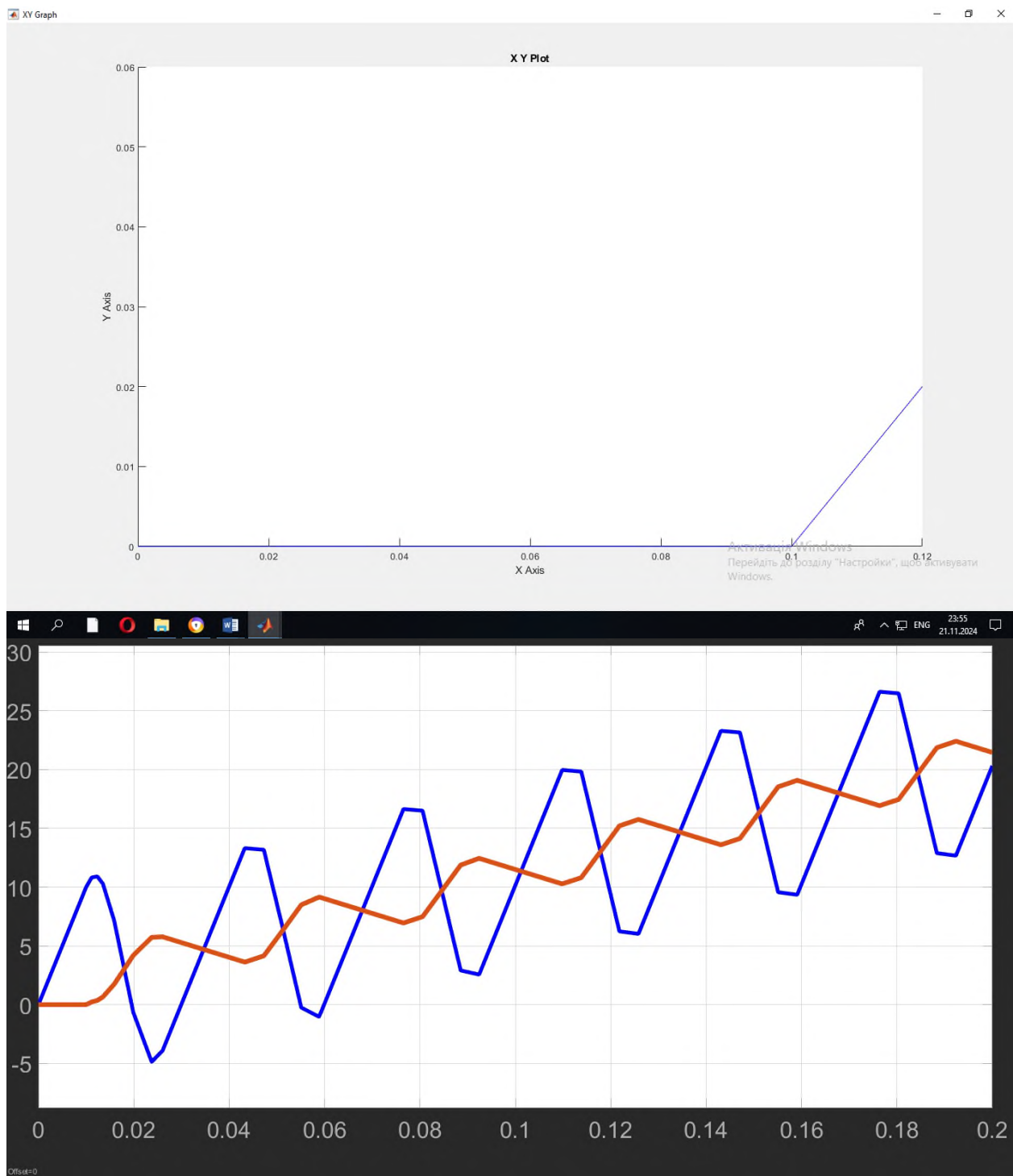
Результатами симулювання є швидкості кутові як першої, так і другої маси без врахування зазору зубчатої передачі (рис 7 а)) та з зазорами різних розмірів (рис. 7 б), в)) подані на рис. 7.



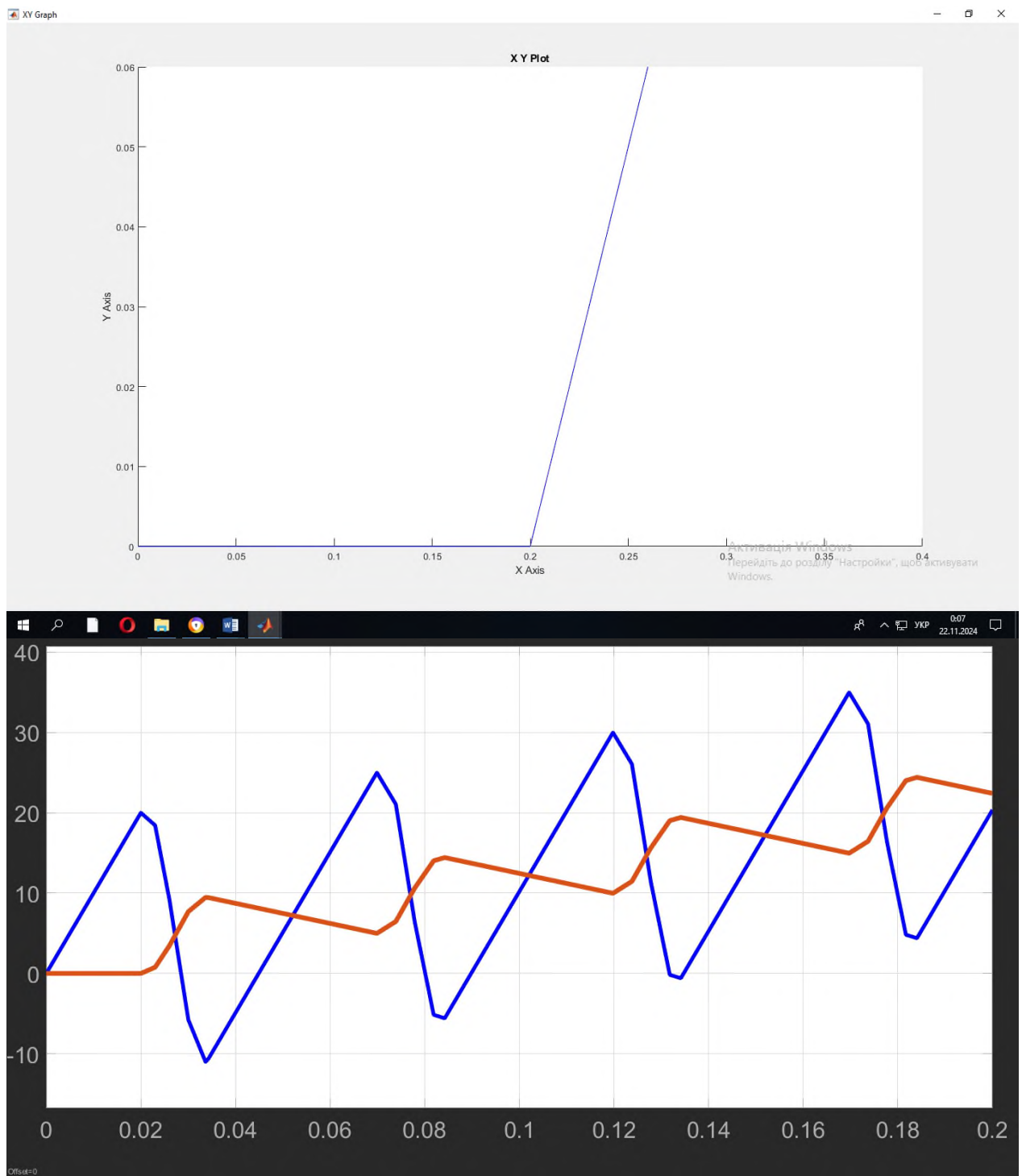
a) $D=0$



6) $D=0.05$



В) $D=[-.1,.1]$



г) $D=[-1, .1]$

Рисунок 3.7 - Кутові переміщення першої та другої маси, а) без урахуванням зазору; б), в), г) - з урахування зазорів різних розмірів

За отриманими результатами можна оцінити значення параметрів конструктивних для передачі.

4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

Робота системи та необхідні параметри

Метою цієї роботи є розробка вимірювання зміни лінійних розмірів деталей, що піддаються впливу тертя та зношення.

Завдяки використанню інноваційної батарейної основи та нових схемних рішень це дозволяє помірно підвищити точність, це необхідно при його виробництві. Ця розробка забезпечує автоматичний збір вимірювальної інформації.

Пристроєм можна керувати як в ручному, так і в автоматичному режимах.

Система повинна виконувати такі завдання:

1. Прилад повинен вимірювати всю довжину досліджуваного зразка.
2. Прилад повинен забезпечувати калібрування автоматичне датчика.
3. Результат вимірювання повинен відображатися на РК-екрані в такому вигляді: min - знос, max - знос, значення середнє зносу, бракований/не бракований.
4. Пристрій повинен забезпечувати можливість дистанційного керування через RS-232, повинен забезпечувати протокол керування «Пуск», «Стоп» для запуску процесу виконання вимірювання і повернення результату.
5. Драйвер ПК повинен працювати в середовищі системи операційної Windows 7,10.

Програма керування ПК складається з наступного:

1. показує поточне становище елементів робочих;
2. представити криву зносу зразка по всій довжині;
3. керування приводами в ручному режимі;
4. відображати діагностичні повідомлення;
5. вести статистику вимірювань;

6. записати журнал похибок.

Система повинна відповідати наступним критеріям:

1. максимальна похибка вимірювання 0,1 мм;
2. вимірювання автоматичне, збір і зберігання результатів.

4.1.2 Реалізація визначених завдань

Для вимірювання опору зразка під час обертання ми використовуємо індуктивний лінійний датчик переміщення та деформації, оскільки він може забезпечити певну точність. Зразок необхідно обертати за допомогою крокового двигуна, щоб забезпечити бажану швидкість і рівномірність обертання кільця. Функції відображення параметрів кільця та інтерфейс користувача контролюються багатофункціональним кристалічним графічним дисплеєм. Спеціальні кнопки використаємо для ручного керування. Для дистанційного керування вибрано зв'язок RS-232. Джерело живлення потужністю 100 Вт з робочою напругою 24 В використовується для живлення всієї системи керування приладом для вимірювання міцності на розрив циліндричних зразків.

4.1.3 Схема функціонування приладу і зображення робочого процесу

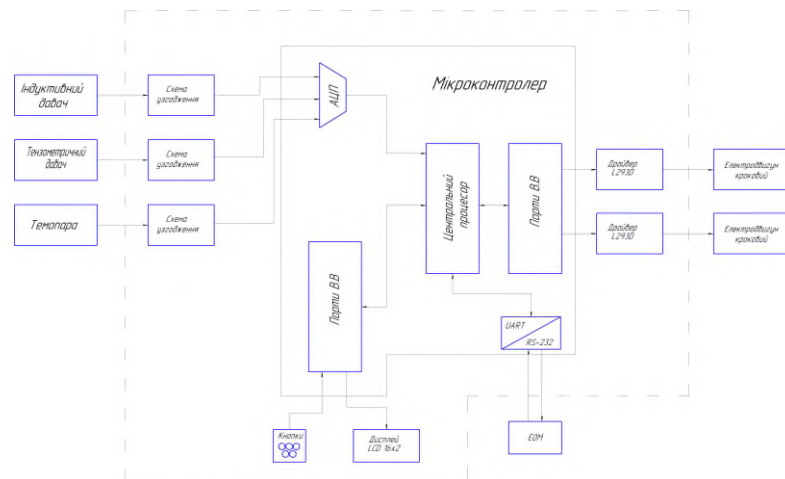


Рисунок 4.1 – Схема функціонування приладу

На рисунку 4.1 зображена схема функціонування приладу. Вимірювальна система складається з носія, тензодатчиків і зондів, встановлених на опорах, які переміщуються по напрямних і наковзані за

допомогою крокового двигуна. Вимірювачем є індуктивний датчик, який підпружинений.

Під час процесу обертання між зразком і протилежним зразком виникає тертя, що спричиняє знос і зміну розміру матеріалу зразка. Зміна розміру контрольної шкали викликає переміщення вимірювальних щупів, один з яких жорстко з'єднаний з корпусом датчика, а інший - з регулювальним отвором, на кінець якого притискається вимірювальний гвинт, що робить вимірювання точним. Викликає відповідну зміну сигналу, який надходить на вхід АЦП через схему узгодження. В результаті вимірювання був записаний графік зміни діаметра зразка по всій його довжині. Порівняння отриманого графіка дозволяє визначити ступінь лінійного зносу. Дані вимірювань відображаються на РК-екрані та передаються на персональний комп'ютер через низку асинхронних інтерфейсів UART.

4.2 Вибір давача

Для спряження індуктивного давача SM5 – HYD [4] із аналого – цифровим перетворювачем мікроконтролера та давача використовується зовнішня електроніка в якій ми використовуємо вихід по напрузі (рисунок 4.2).



Рисунок 4.2 – Вигляд зовнішній давача типу SM5 – HYD

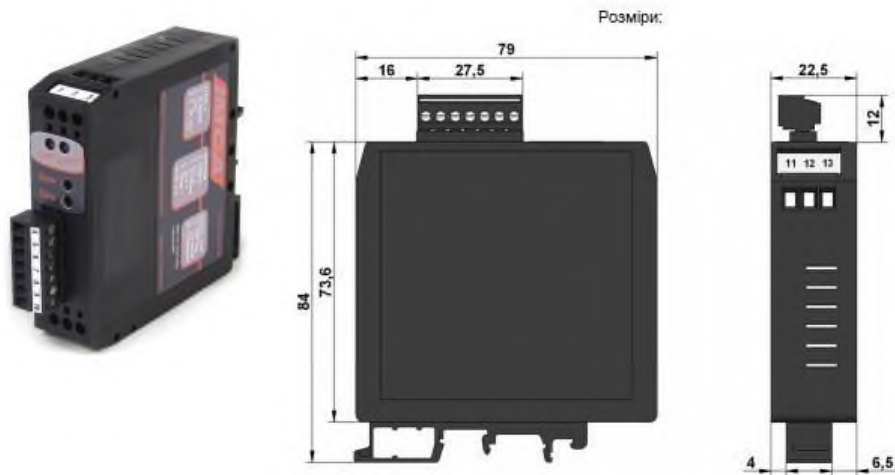


Рисунок 4.3 – Зовнішня електроніка датчика SM5 – HYD

Операційний підсилювач інструментальний використовується для інтерфейсу датчика Z6-FC4 (рис. 4.3) з мікроконтролером і аналого-цифровим перетворювачем датчика.

Слід отримати R_g від заданого реального резистора. (рисунок 4.4).



Рисунок 4.4 – Датчик тензометричний Z6-FC4

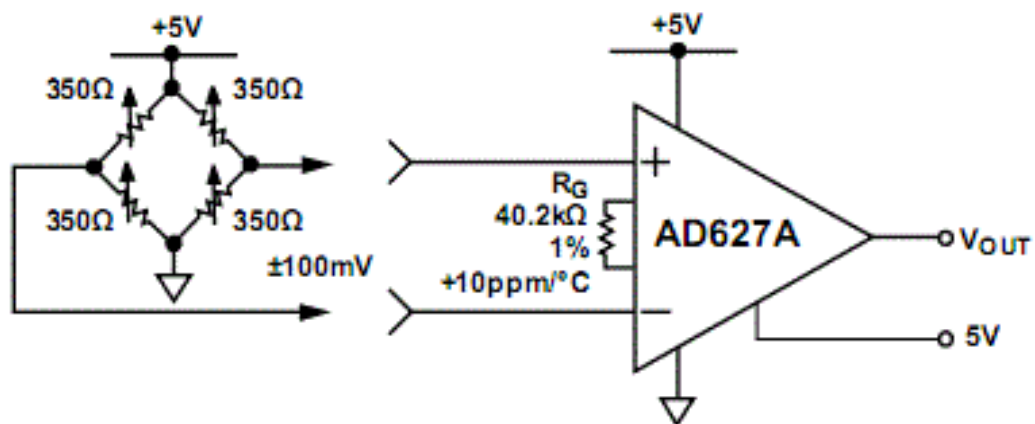


Рисунок 4.5 – Схема підключення датчика мікроконтролера АЦП

Запропонована схема для біполярного крокового двигуна L293D у спосіб підключення, показаний на рисунку 4.4. Драйвер, розроблений таким чином, може керувати біполярним кроковим двигуном, якщо загальний вихід підключено до напруги живлення.

Кроковий двигун управляється безперервним обертанням його валів. Кожен двигун має обмеження частоти передачі, перевищення якого спричиняє реверсування кроків. Максимальна швидкість залежить від моменту опору двигуна та режиму роботи.

Драйвер схеми керування складається із захисних діодів на рис 4.6, який використовується для придушення високої напруги, що утворюється під час процесу перемикання автоматичного вимикача.

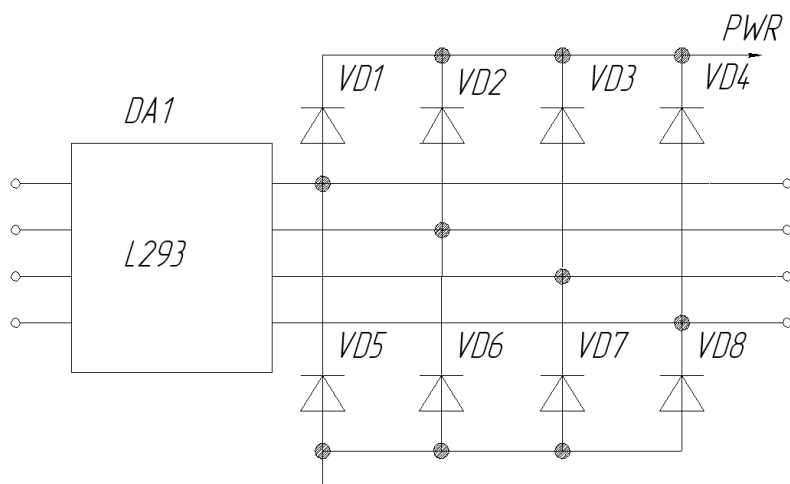


Рисунок. 4.6 – Схема, що зображує як підключити захисні діоди до схеми драйвера

4.3 Аналіз метрологічний

Для оцінки значення статичної похибки аналого-цифрового перетворення, слід визначити внесок кожного джерела в результуючу похибку, а потім зробити оцінку загальної похибки шляхом підсумовування квадратів. Похибка сумарна АЦП визначимо. Опір джерела сигналу –

$$R_{IN}=R1+R2/R1 \times R2=500 \text{ Ом}$$

$$\text{Межа зміщення штока давача} - L_{fs}=5 \text{ мм.}$$

$$\text{Межа зміни напруги вхідної} - V_{FS}=2.5 \text{ В.}$$

Зменшена та абсолютна похибка (зменшена від введення та виведення) без калібрування (в кінці діапазона)

$$\gamma_N = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_2^2 + \gamma_3^2 + \gamma_4^2 + \gamma_5^2 + \gamma_6^2 + \gamma_7^2 + \gamma_8^2 + \gamma_9^2 + \gamma_{10}^2} = 14953 \text{ ppm} = 1.4\%$$

Зменшена та абсолютна похибка (зменшена з входу та виходу) без калібрування (на початку діапазону)

$$\gamma_{N0} = \sqrt{\gamma_5^2 + \gamma_7^2} = 933 \text{ ppm} = 0.093\%$$

Мінімальна та абсолютна похибка (зменшена з вхідних і вихідних даних) після калібрування (в кінці діапазону)

$$\gamma_c = \sqrt{\gamma_2^2 + \gamma_3^2 + \gamma_4^2 + \gamma_7^2 + \gamma_8^2 + \gamma_{10}^2} = 9287 \text{ ppm}$$

$$\Delta_n = \gamma_c \times L_{fs} = 9287 \times 10^{-6} \times 5 \text{ i} = 0.046 \text{ i}$$

Значення зменшення похибки каналу вимірювального, що ми отримали, відповідає заданим вимогам до точності приладу (допустима похибка 0,1 мм).

4.4 Опис алгоритму роботи

Цей прилад використовується для вимірювання зміни лінійних розмірів деталей, що піддаються впливу тертя та зношення. Під час дослідження він складався з роторного приводу, навантажувального вузла та системи вимірювання зносу.

Привід обертання складається з основного крокового двигуна, запобіжної муфти, вала та шківів. Обертання здійснюється за допомогою пасової передачі.

Завантажувальний вузол складається з зустрічного зразка, стрижня і затискача. Завдяки регулюванню деформації, стисканню навантажувальної пружини та обертанню ручки в зоні тяги створюється сила 200-300 Н залежно від завдання. Для дискретних значень контактної міцності використовується постійне навантаження декількох знімних тягарців.

Вимірювальна система складається з тримача, індуктивного датчика наближення та зондів, встановлених на тримачі, які можна переміщувати вздовж напрямних і всередині слайдера за допомогою іншого крокового двигуна. Вимірювачем є індуктивний датчик, який має пружину.

У процесі обертання між зразком і зустрічним зразком виникає тертя, що викликає стирання матеріалу зразка і зміну його розмірів. Зміна вимірювання контролера викликає рух вимірювальних щупів, один з яких жорстко з'єднаний з корпусом датчика, а інший - з регулювальним гвинтом, на кінці якого для точності вимірювання натиснутий вимірювальний штифт, який можна викликаючи відносну зміну сигналу, записаного записуючим пристроєм. У результаті ми фіксуємо графік зміни розміру вибірки по всій її довжині. Порівняння отриманих графіків дозволяє визначити ступінь лінійного.

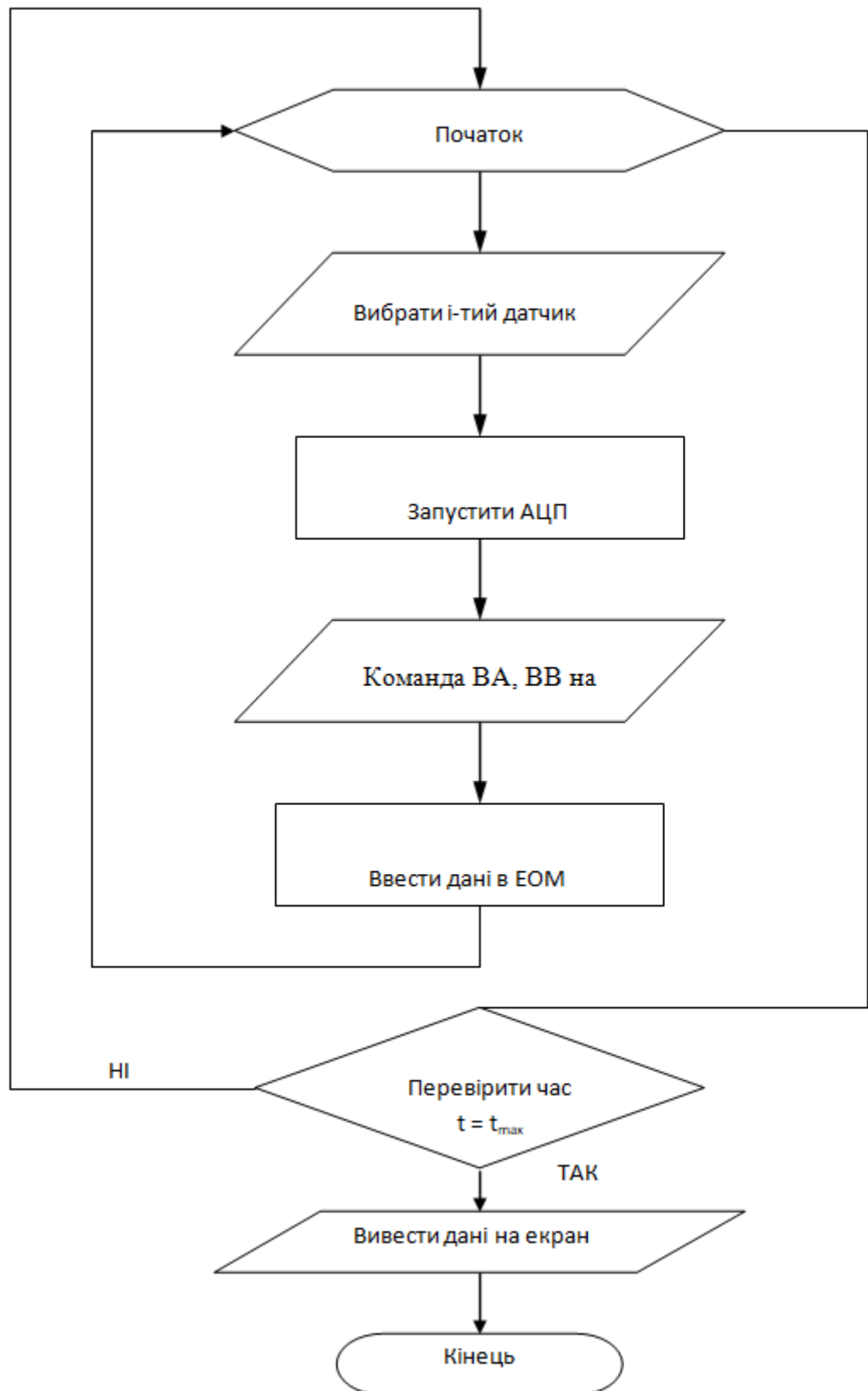


Рисунок 4.7 – Робочий алгоритм приладу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТЄДІЯЛЬНОСТІ

5.1 Вплив шуму на організм людини та розробка заходів щодо його зниженню до допустимих величин для обладнання

У рамках дослідження, у своїй бакалаврській роботі, було досліджено вплив шуму на організм людини та розглянуто заходи щодо зниження шуму до допустимих рівнів, особлива увага була приділена його актуальності для магазину побутової техніки «Баварія». У відділі з питань гігієни праці Головного управління Державної служби з питань праці у Київській області зазначають, що шум є особливо шкідливим при високій інтенсивності, що спостерігається в різних галузях.

У промисловості шум виникає під час обрубних і клепальних робіт, випробування двигунів, стендових випробувань, шліфування, полірування, штампування, карбування та інших операцій. В деяких цехах, наприклад, клепальних і прядильних, рівень шуму може досягати значень 90 дБ та 100 дБ відповідно. Водночас, котельники, клепальники, бляхарі, обрубники, мотористи, прядильники та інші працівники, які займаються шумними операціями, є особливо чутливими до шумового впливу.

Сильний шум може спричинити зміни у слуховому аналізаторі людини, викликаючи глобальну реакцію організму. Варто зазначити, що однією з властивостей слухового аналізатора людини є адаптаційний ефект, який проявляється у тимчасовому зміщенні (підвищенні) порогів слухової чутливості. Цей ефект обумовлюється тривалим впливом високого рівня акустичних коливань (шуму). Зростання слухових порогів, тобто постійне зсування порогу слуху, веде до розвитку професійного захворювання, відомого як глухота або погіршення слуху.

Шум може негативно впливати на здоров'я людини, спричинюючи ряд небажаних наслідків: погіршення слуху, зниження розбірливості мови, виникнення втоми, порушення сну, а також проблеми з серцебиттям.

На підставі даних з літератури, встановлено, що зростання виробничого шуму на 10 дБ спричинює підвищення захворюваності працівників на 1,2...1,3 рази.

Таким чином, небезпечний вплив шуму на організм людини може мати серйозні фізіологічні та економічні наслідки.

У магазині побутової техніки «Баварія» також можуть виникати шумові умови, пов'язані з різними операціями та функціями, що здійснюються на майданчику та в торгових залах. Наприклад, ремонтні роботи, збірка та перевезення товарів, випробування апаратури, робота з великими електричними приладами можуть створювати шумове навантаження.

З метою забезпечення безпечних робочих умов, магазин побутової техніки «Баварія» було запропоновано впровадження заходів для контролю та зниження рівня шуму.

Для зниження шуму до допустимих рівнів і захисту організму людини від його негативного впливу, існують різні підходи та заходи.

Пропоновані шляхи зниження рівня шуму для магазину побутової техніки «Баварія» включають застосування безшумних технологій та обладнання, реалізацію заходів для зменшення шуму прямо у місці його виникнення, імплементацію звукоізолюючих матеріалів та елементів, що поглинають шум, та організацію робочих місць таким чином, щоб вони були віддалені від джерел шуму.

Додаткові пропозиції включають оптимізацію робочих процесів, впровадження режиму роботи з перервами для відновлення, ротацію персоналу, що перебуває під впливом шуму, та використання персональних захисних пристроїв, як-то навушники або вушні пробки.

Важливо враховувати урядові стандарти та регулятиви, які встановлюють дозволені рівні шуму на робочих місцях та обов'язкові процедури їх зменшення. «Баварія» має слідувати цим нормам, щоб забезпечити захист від шуму на робочому місці.

Також необхідно інформувати працівників про ризик, пов'язаний з шумом, навчати їх користуватися персональними захисними пристроями та дотримуватися відповідного поводження при виникненні шуму.

Ці міри можуть бути реалізовані як окремо, так і в комплексі, залежно від специфіки та вимог ситуації. Головною метою є створення безпечних умов праці та захист здоров'я працівників від негативного впливу шуму.

5.2 Особливості розслідування та обліку нещасних випадків невиробничого характеру

Нещасні випадки невиробничого характеру охоплюють події, які призводять до травмування, ушкодження здоров'я або смерті людини, але не пов'язані з виконанням трудових обов'язків. До таких випадків належать побутові травми, дорожньо-транспортні пригоди, утоплення, падіння дерев або інших предметів, а також інші інциденти, спричинені дією природних або техногенних факторів. В Україні розслідування цих випадків регулюється постановою Кабінету Міністрів № 270 від 22 березня 2001 року.

Розслідування таких інцидентів має свої особливості, оскільки вони не підпадають під трудове законодавство. Однак через серйозні наслідки, які вони можуть спричинити, їх дослідження є важливим завданням для органів влади, медичних установ і, у деяких випадках, правоохоронних органів.

Першим етапом розслідування є повідомлення про подію. Інформація про нещасний випадок зазвичай надходить від постраждалих осіб, їхніх родичів або свідків. У випадках дорожньо-транспортних пригод чи надзвичайних ситуацій ініціатива інформування може надходити від поліції або аварійно-рятувальних служб.

Після отримання повідомлення створюється комісія з розслідування, яка складається з представників органів місцевої влади, медичних установ, а за необхідності й правоохоронних органів. Основна мета комісії — з'ясувати обставини події, визначити причини та надати рекомендації щодо запобігання подібним випадкам у майбутньому.

У процесі роботи комісія здійснює детальний аналіз інциденту. Це включає опитування постраждалих та свідків, вивчення місця події, аналіз медичних висновків про стан постраждалого, а також перегляд документів, які можуть мати стосунок до випадку, наприклад технічних паспортів транспортних засобів. На основі отриманих даних складається акт розслідування, який містить опис обставин події, висновки про її причини та рекомендації щодо профілактичних заходів.

Особливе значення має облік таких випадків. Органи місцевої влади ведуть реєстри або бази даних, у яких зберігається інформація про всі зареєстровані випадки. Це дозволяє створювати статистичні звіти, аналізувати тенденції та виявляти найбільш поширені причини нещасних випадків. Такі дані стають основою для розробки профілактичних програм. Наприклад, якщо виявляється, що велика кількість травм відбувається через слизькі дороги взимку, органи місцевого самоврядування можуть ініціювати додаткові заходи з очищення та посипання доріг реагентами.

Процес розслідування та обліку нещасних випадків невиробничого характеру стикається з рядом викликів. Основними проблемами є недостатнє інформування населення про необхідність повідомлення про такі випадки, відсутність єдиної системи обліку, що ускладнює аналіз даних на національному рівні, а також брак ресурсів у відповідних органів для проведення розслідувань.

Запобігання подібним інцидентам є одним із ключових завдань. Органи місцевого самоврядування можуть проводити просвітницькі кампанії серед населення, організовувати навчання з правил безпеки, а також вживати заходів щодо покращення інфраструктури. Наприклад, будівництво пішохідних переходів, встановлення огорож біля водойм або встановлення дорожніх знаків у місцях підвищеної небезпеки сприяє зменшенню кількості подібних випадків.

Таким чином, розслідування та облік нещасних випадків невиробничого характеру є важливими елементами системи забезпечення

безпеки громадян. Їх мета полягає не лише у з'ясуванні обставин і причин подій, а й у запобіганні подібним ситуаціям у майбутньому, що дозволяє зберегти життя та здоров'я людей.

5.3 Загальні положення та визначення. Мета та завдання розслідування нещасних випадків. Обов'язки роботодавця щодо розслідування нещасних випадків. Обставини, за яких проводиться розслідування

Розслідування нещасних випадків — це одна з основних складових системи охорони праці, яка здійснюється з метою виявлення причин травмування або іншого ушкодження здоров'я працівників, а також для запобігання виникненню подібних ситуацій у майбутньому. Важливість процесу розслідування нещасних випадків полягає в тому, що це дозволяє аналізувати не тільки інциденти, які сталися, а й оцінити загальний рівень безпеки на підприємстві, знайти прогалини в організації виробництва і забезпечити їх виправлення. Розслідування допомагає розробити конкретні рекомендації для покращення умов праці, впровадження нових стандартів та методик для попередження подібних подій у майбутньому.

Основною метою розслідування є визначення причин нещасного випадку і усунення факторів, що сприяють виникненню небезпечних ситуацій. У процесі розслідування встановлюються всі обставини події, визначаються її безпосередні та віддалені причини, а також вивчаються умови, що передували нещасному випадку. Це дає змогу не лише знайти відповідальних за порушення, але й виявити системні проблеми в організації робочого процесу, технічних засобах безпеки або навчанні працівників. Також важливим є аналіз дій як постраждалого працівника, так і керівництва, а також осіб, які могли бути причетні до події, щоб оцінити їхню поведінку в контексті виконання вимог з охорони праці та техніки безпеки.

Одним із головних завдань розслідування є не тільки з'ясування причин нещасного випадку, а й розробка рекомендацій щодо вдосконалення заходів безпеки. Це може включати як вдосконалення технічних засобів

охорони праці, так і зміни в організації робочого процесу, застосування нових методів навчання та інструктажів для працівників, посилення контролю за дотриманням норм безпеки. Таким чином, розслідування нещасного випадку має на меті не тільки покарання винних осіб, але й забезпечення покращення умов праці на підприємстві та запобігання аналогічним подіям у майбутньому.

Роботодавець, як головний орган, який несе відповідальність за охорону праці на підприємстві, зобов'язаний забезпечити належну організацію розслідування нещасних випадків. Він повинен створити спеціальну комісію для проведення розслідування, яка повинна скласти детальний акт розслідування, в якому повинні бути вказані всі обставини події, встановлені причини, відповідальні особи, а також заходи, які слід вжити для запобігання подібним випадкам у майбутньому. При цьому роботодавець зобов'язаний забезпечити комісію необхідною документацією та ресурсами для проведення ефективного розслідування, а також надати доступ до місця події, де відбувся нещасний випадок.

Також роботодавець має організувати своєчасну медичну допомогу постраждалим та забезпечити реабілітацію працівників у разі тяжких травм. У разі серйозних травм або загибелі працівника роботодавець зобов'язаний негайно повідомити відповідні органи контролю, а також провести внутрішнє розслідування. Результати розслідування повинні бути проаналізовані та враховані при подальшому вдосконаленні процедур безпеки на підприємстві. Після розслідування роботодавець зобов'язаний прийняти конкретні заходи для усунення виявлених причин нещасного випадку, перегляду заходів безпеки на робочих місцях та у виробничому процесі в цілому. Це можуть бути зміни в організаційній структурі, поліпшення технічного оснащення робочих місць або впровадження додаткових інструктажів для персоналу.

Під час розслідування особлива увага приділяється також виявленню порушень з боку працівників, наприклад, недотримання ними норм охорони праці, невиконання інструкцій або неправомірне використання обладнання. У

разі виявлення таких порушень роботодавець має право притягнути працівників до дисциплінарної відповідальності. Однак, якщо розслідування виявить недоліки у роботі керівництва або порушення норм безпеки з боку адміністрації підприємства, це також є підставою для вжиття відповідних заходів, включаючи перегляд внутрішніх норм і політики підприємства.

Крім цього, роботодавець зобов'язаний забезпечити необхідні умови для навчання працівників з питань охорони праці та безпеки. Це включає в себе як первинний, так і періодичний інструктаж, а також тренування на випадок надзвичайних ситуацій. Окрему увагу варто приділити питанням адаптації нових працівників, забезпеченню їх належними знаннями про ризику та способи їх запобігання. Це також є важливою складовою частиною загального процесу розслідування нещасних випадків, оскільки недосконале навчання працівників може стати причиною нещасних випадків.

Обставини, за яких проводиться розслідування нещасних випадків, визначаються, як правило, на основі тяжкості травми або ушкодження, які сталися з працівником, а також у разі загибелі. Якщо травма є незначною і не призводить до серйозних наслідків для здоров'я працівника, розслідування може бути необов'язковим. Проте за певних обставин, навіть якщо травма виглядає незначною, розслідування все одно може проводитися, якщо існує підозра на порушення правил техніки безпеки чи організації праці. Окрім травм, розслідування може проводитися й у разі аварій, що створили загрозу здоров'ю чи життю працівників, навіть якщо безпосередніх ушкоджень не було.

Важливо зазначити, що розслідування нещасних випадків проводиться незалежно від того, чи були вжиті відповідні заходи з охорони праці або інші запобіжні заходи. У разі виявлення обставин, які можуть бути пов'язані з порушеннями з боку роботодавця або працівника, до розслідування можуть залучатися спеціалісти з відповідних органів контролю або експерти з охорони праці. Результати розслідування, що включають не лише технічні

деталі події, але й поведінку осіб, що брали участь у події, є основою для прийняття подальших управлінських рішень.

Для забезпечення ефективності розслідування нещасних випадків, необхідно чітко визначити обов'язки усіх учасників цього процесу. У першу чергу, роботодавець має організувати належне документування кожного інциденту, що стався, і розслідування, яке від нього вимагається. Це включає в себе заповнення відповідних актів, зокрема актів про нещасні випадки, реєстрацію усіх обставин, а також підготовку висновків щодо причин і наслідків події. Для цього роботодавець може залучати фахівців з безпеки, представників органів охорони праці, а також медичних працівників, якщо це необхідно для точного визначення ступеня тяжкості травми.

Важливим аспектом є також чітке визначення повноважень і відповідальності осіб, залучених до процесу розслідування. Керівник підприємства або відповідальний за охорону праці має право призначити спеціальну комісію для проведення розслідування, до якої входять, зокрема, представники адміністрації, медики, а в деяких випадках і представники трудових колективів. Кожен член комісії несе відповідальність за дотримання стандартів та процедур розслідування, а також за документування всіх етапів процесу. Важливо також, щоб комісія була незалежною від сторін, що можуть бути залучені до справи, щоб уникнути можливих конфліктів інтересів.

Одним із ключових моментів є своєчасне повідомлення органів контролю та органів державної влади про нещасні випадки, особливо в разі серйозних травм або загибелі працівника. Це є обов'язковим для дотримання вимог законодавства і забезпечення належного контролю з боку зовнішніх органів. Водночас, у разі серйозних порушень з боку роботодавця, таких як неналежне виконання обов'язків або приховування факту травмування, це може призвести до юридичних наслідків, таких як штрафи або інші санкції.

Не менш важливим є і процес інформування працівників про результати розслідування. У разі виявлення порушень або дефіциту у роботі

підприємства, усі відповідальні особи повинні бути проінформовані про заходи, які слід вжити для запобігання подібним випадкам у майбутньому. Це включає в себе перегляд існуючих політик безпеки, підвищення кваліфікації персоналу та удосконалення технічного оснащення робочих місць. Своєчасне інформування працівників сприяє підвищенню рівня обізнаності про ризики на виробництві та формує правильне ставлення до заходів безпеки.

Розслідування нещасних випадків має бути систематичним та постійним процесом, який не обмежується лише конкретними інцидентами, а спрямований на загальний аналіз стану безпеки на підприємстві. Після кожного розслідування роботодавець повинен оцінювати ефективність вжитих заходів та робити висновки щодо удосконалення роботи з охорони праці. Розробка та впровадження нових стандартів безпеки, вдосконалення інструктажів і навчання персоналу — це основні завдання, які постають перед керівництвом після розслідування нещасного випадку. Підвищення культури безпеки, як на рівні кожного працівника, так і на рівні колективу в цілому, є запорукою того, що такі інциденти будуть менш ймовірні в майбутньому.

У результаті проведення розслідування роботодавець має отримати не лише конкретні заходи для усунення наслідків конкретного нещасного випадку, але й загальні рекомендації щодо поліпшення умов праці та посилення заходів безпеки на виробництві. Тільки такий підхід забезпечить не тільки усунення ризиків, а й створення стабільної і безпечної робочої атмосфери для всіх працівників.

5.4 Підвищення стійкості роботи підприємств, приладобудівної галузі у воєнний час

Війна стала суттєвим структурним шоком як для економіки України, так і для кожного з її регіонів. Неможливо точно передбачити терміни і наслідки військової агресії, але стратегічні завдання держави та її регіонів

потребують коригування відповідно до ситуації, що склалася під час війни та у процесі післявоєнного відновлення.

У період війни необхідно переглянути усталені підходи до стратегічного планування та вирішення нагальних соціально-економічних, гуманітарних і безпекових проблем розвитку держави на всіх рівнях управлінської ієрархії, зокрема й на рівні регіонів.

Можлива затяжна війна вимагає від України та її регіонів проведення обережної економічної політики вже зараз. Міжнародні резерви слід використовувати економно, а бюджетні ресурси необхідно спрямовувати на фінансування військових потреб та заходів з підтримки життєдіяльності в умовах воєнного стану.

Зважаючи на хід військових дій, спричинених агресією Російської Федерації, територію України можна поділити на тимчасово окуповані ворогом, звільнені після окупації, прифронтові з високим ризиком повторної окупації, фронтові, де тривають бойові дії, та регіони, що виконують функції глибокого тилу.

Наслідки агресії Росії в першу чергу відбилися на реальному секторі економіки держави, зокрема на підприємствах, що розташовані на тимчасово окупованих територіях, звільнених після окупації та на тих, що знаходяться під загрозою окупації. Ці підприємства забезпечували значну частину внутрішнього виробництва та експорту.

Основним завданням тилкових регіонів є збереження стратегічно важливих виробництв і робочих місць, підтримка релокованих підприємств з територій, де ведуться активні бойові дії, підтримка експортоорієнтованих підприємств та підприємств, що виготовляють соціально важливі та військові товари. Також необхідно стимулювати перехід до виробництва продукції військового призначення.

В умовах воєнного часу перший етап включає реалізацію заходів, спрямованих на максимальне збереження людей і підприємств, виконання гуманітарних місій. Масштаб і успіхи відновлення на цьому етапі

залежатимуть від того, наскільки українці, економіка та інституції будуть збережені під час війни. Щоб мінімізувати збитки, Україні та її союзникам слід організувати економіку воєнного часу, враховуючи безпекові ризики.

На цьому етапі Тернопільщина, як відносно безпечний регіон, виконує роль глибокого тилу країни: надає допомогу переміщеним підприємствам; розробляє програми зайнятості для переміщених осіб; забезпечує технічну підтримку логістики та цифрової мобільності, організовує транспортні коридори для гуманітарної допомоги та імпорту/експорту; а також займається будівництвом житла для внутрішньо переміщених осіб, максимізуючи збереження економічного потенціалу регіону.

У той же час тил надає допомогу прифронтовим та фронтовим регіонам — гуманітарну допомогу (продукти харчування, пальне, ліки), технічну допомогу в евакуації виробництва (де це можливо) та логістичну підтримку для забезпечення зв'язку цих регіонів з рештою країни.

Як тилловий регіон в умовах воєнного стану, область повинна також зосередити зусилля на забезпеченні заходів національного спротиву, антитерористичної безпеки, належного функціонування систем оповіщення та сховищ.

Ризик цього періоду полягає в можливому затягуванні військових дій і подальшій ескалації конфлікту, масштабному руйнуванні інфраструктури внаслідок ракетних ударів та окупації регіону.

Стійкість роботи промислового об'єкта (будь-якої форми власності) визначається його здатністю в умовах надзвичайних ситуацій мирного та воєнного часу випускати продукцію в запланованих обсягах і номенклатурі, а також відновлювати виробництво після слабких або середніх руйнувань і порушення зв'язків із постачальниками.

Здатність підприємства приладобудівної галузі продовжувати випуск продукції залежить від захисту і нормального функціонування основних елементів сучасного виробництва:

- виробничий персонал (робітники та службовці);

- будівлі і споруди з технологічним обладнанням;
- система постачання енергією, водою, паливом та матеріалами;
- система виробничих та кооперативних зв'язків з іншими підприємствами.

Тому стійкість роботи підприємства в умовах надзвичайних ситуацій визначається такими факторами:

- надійним захистом персоналу від усіх вражаючих факторів зброї масового ураження;
- здатністю інженерно-технічного комплексу об'єкта витримувати вражаючі фактори ядерного вибуху;
- надійністю системи постачання об'єкта необхідними ресурсами для виробництва продукції;
- захищеністю від вторинних вражаючих факторів (пожеж, вибухів, затоплень, зараження отруйними речовинами);
- стійкістю та безперервністю управління виробництвом і цивільною обороною;
- готовністю підприємства до проведення рятувальних та відновлювальних робіт.

Перераховані фактори є основними для всіх об'єктів господарювання і визначають способи підвищення стійкості в надзвичайних ситуаціях:

- забезпечення надійного захисту робітників від вражаючих факторів зброї масового ураження;
- захист основних виробничих фондів від усіх вражаючих факторів, зокрема від вторинних;
- підвищення надійності й оперативності управління виробництвом;
- забезпечення стійкості постачання для випуску продукції під час надзвичайних ситуацій;
- підготовка до відновлення виробництва після руйнувань.

Захист робітників і службовців є найголовнішою задачею для підвищення стійкості об'єкта приладобудівної галузі. Оскільки працюючі є

основною продуктивною силою, стійкість економіки залежить від здатності захистити і зберегти цю силу.

Військові конфлікти часто супроводжуються руйнуванням будинків і знищенням основної продуктивної сили — працюючих. Тому серед завдань підвищення стійкості роботи об'єктів приладобудівної галузі головним є забезпечення захисту робітників та службовців та їхніх родин.

Захист від зброї масового ураження здійснюється трьома основними способами:

- укриття людей у захисних спорудах;
- евакуація робітників і їхніх родин;
- використання засобів індивідуального захисту та проведення протирадіаційного, протихімічного і протибактеріологічного захисту.

Захист засобів виробництва включає підвищення фізичної опірності будівель і споруд до впливу вражаючих факторів ядерного вибуху, захист технологічного обладнання, засобів зв'язку та інших матеріальних основ виробничого процесу.

Методика оцінки стійкості будівель і технологічного обладнання включає три основні вражаючі фактори:

- ударну хвилю ядерного вибуху;
- світлове випромінювання для запобігання пожежам;
- радіаційне випромінювання для захисту персоналу від опромінення.

Підготовка до відновлення виробництва в умовах руйнувань є необхідною, оскільки забезпечити повний захист від зброї масового ураження неможливо. У разі слабких або середніх руйнувань необхідно швидко відновити виробництво.

Підвищення стійкості об'єкта в умовах війни та надзвичайних ситуацій досягається завчасним проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних і організаційних заходів, спрямованих на зниження впливу вражаючих факторів і створення умов для швидкої ліквідації наслідків.

Підготовка до відновлення виробництва включає планування робіт із ремонту, створення запасів матеріалів та устаткування і забезпечення надійного захисту цих ресурсів.

Інженерно-технічні заходи включають роботи, спрямовані на підвищення стійкості виробничих споруд, устаткування і комунальних систем. Технологічні заходи сприяють прискоренню виробництва продукції і запобігають виникненню вторинних вражаючих факторів.

Організаційні заходи включають розробку плану дій для керівництва підприємств та служб ЦЗ щодо захисту робітників, відновлення виробництва та організації випуску продукції на збережених потужностях.

ВИСНОВКИ

У цій кваліфікаційній роботі магістра розроблено прилад для дослідження лінійного зношення циліндричних деталей під час обертання.

Було опрацьовано такі питання:

В аналітичній частині проведено огляд методів і засобів вимірювання і контролю заданих параметрів

В основній частині зроблений опис роботи приладу, пророблений конструктивний розрахунок елементів приладу, розраховано похибки вимірювань зношення зразків.

В науково-дослідницькій частині описано математичне моделювання передачі обертового руху в двомасовій системі, розроблено схему структурну системи двохмасової, побудовано графіки та рисунки.

В спеціальній частині створено функціональну схему керування приладом, проведено аналіз метрологічний, здійснено опис алгоритму роботи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Паламар М.І. Методичні вказівки до лабораторних і практичних робіт з дисциплін «Проектування інформаційно-вимірювальних систем», «Мікропроцесори і ЕОМ», «Проектування приладів і систем на основі мікроконтролерів» Проектування пристроїв і вузлів інформаційно-вимірювальних систем та створення програмного забезпечення на базі навчально-налагоджувального стенда / укл. : М.І. Паламар, А.В. Чайковський, М.О. Стрембіцький, Ю.В. Пастернак та інш. – Тернопіль: ТНТУ, 2014. – 76
2. Навчання рекурентної НМ для прямого інверсного керування динамічним об'єктом / Паламар М.І., Стрембіцький М.О.// Матеріали IV Всеукраїнської конференції "GE0-UA" (26-30 травня 2014 р.). — Київ.: Наукова думка, 2014.-с.171-174.
3. Joe Campbell The Rs 232 Solution. / Joe Campbell. – USA: CRC Press, 1989. – 224 p. 14. Jan Axelson USB Complete: The Developer's Guide, Fifth Edition. / Jan Axelson. - Lakeview Research LLC, 2015. – 524 p.
4. Методичні вказівки по виконанню графічної частини дипломного проекту - ТНТУ, 2014р. 23с.
5. Рудь, Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. / Ю.С. Рудь. - Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
6. Паламар М.І. Комп'ютерні технології штучного інтелекту для прецизійного управління у мехатронних ситемах : навчальний посібник / Паламар М.І., Стрембіцький М.О. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 128 с.
7. Батюк В. В. Адаптивна системи керування для мехатронних систем / В. В. Батюк, М. О. Стрембіцький // Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020.

— Том 1. — С. 39. — (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні).

<https://www.automationsystemsandcontrols.net.au/PDF's%20Autonics/proxi/PS%20Series%20Rectangular%20Proximity%20Sensors%20from%20ASC%20Ph%2003%209720%200211.pdf>

8. Костюк, В. Прикладна механіка та основи конструювання / В. Костюк, Г. Валіулін, Є. Костюк – Київ: Кондор, 2018. – 226 с.

9. Selection of the efficient video data processing strategy based on the analysis of statistical digital images characteristics / Mykhailo Palamar, Myroslava Yavorska, Mykhailo Strembitskyi, Volodymyr Strembitskyi // Scientific Journal of TNTU. — Tern. : TNTU, 2018. — Vol 91. — No 3. — P. 107–114. — (Instrument-making and information-measuring systems).

10. Мілих В. І. Розрахунки магнітних полів в електротехнічних пристроях : навчальний посібник / В. І. Мілих. Харків : ФОП Панов А. М., 2021. 136 с. ISBN 978-617-7947-98-0

11. <http://www.autoniconline.com/image/pdf/PA10.pdf>

12. Обробка зображень в динамічних системах / Михайло Паламар, Михайло Стрембіцький, Володимир Стрембіцький // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті), 22-24 травня 2018. — Т. : ТНТУ, 2018. — С. 271. — (Електротехніка та енергозбереження).

13. Тарара, А.М. Проектування і конструювання об'єктів техніки: навчальний посібник / А.М. Тарара – К.: КОНВІ ПРІНТ, 2019. — 144 с.

14. Стрембіцький М.О. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів : навч. посіб. / М. О. Стрембіцький, М. І. Паламар, А. М. Паламар. – Тернопіль: вид-во Джура, 2018. – 150 с.

15. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/doc2466.pdf>

16. Струтинський В.Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки: Підручник. - Житомир: ЖІТІ, 2011. - 612 с.