

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Інформаційно-вимірювальна система для визначення крутного
моменту на базі тензометричного динамометра

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи РІмз
спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-
вимірювальна техніка
(шифр і назва спеціальності)

	<hr/>	Іванців О.Р.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	<hr/>	Наконечний Ю..
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<hr/>	Наконечний Ю.І
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<hr/>	Паламар М.І.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	<hr/>	
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Приладів і контрольно-вимірювальних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ Паламар М.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(шифр і назва спеціальності)

студента

Іванців Оксани Романівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Інформаційно-вимірювальна система для визначення крутного моменту на базі тензOMETричного динамометра

Керівник роботи Наконечний Юрій Іванович ст. викладач каф. ПВ

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «__» _____ 20__ року № _____

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина			
Основна частина			
Науково-дослідна частина			
Охорона праці			
Безпека в надзвичайних ситуаціях			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	Аналітична частина		
	Основна частина		
	Визначення економічної ефективності		
	Науково-дослідна частина		
	Охорона праці		
	Безпека в надзвичайних ситуаціях		
	Загальні висновки до кваліфікаційної роботи		
	Графічний матеріал до кваліфікаційної роботи		

Студент _____
(підпис)

Іванців О.Р. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Наконечний Ю.І _____
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська дипломна робота на тему: Інформаційно-вимірювальна система для визначення крутного моменту на базі тензOMETричного динамометра

Сторінок

рисуНКів

таблиць

креслень

джерел

додатків

Об'єкт дослідження – випробування мобільних силових агрегатів (двигунів тракторів, сільськогосподарських машин та інших транспортних засобів) для визначення сил опору навантаження в механізмах з вихідним валом.

Мета роботи – Розробити інформаційно-вимірювальну систему визначення крутного моменту на базі тензOMETричного динамометра для визначення крутних моментів, що передаються валом, який обертається.

Приведено техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень. Розроблено технологічний процес виготовлення однієї з деталей розробленого об'єкту.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – пошук оптимальних конструктивних характеристик пристрою.

ЗМІСТ

ВСТУП

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз об'єкту вимірювання

1.2 Огляд методів та засобів вимірювання крутних моментів

1.3 Патентний пошук

1.4 Порівняльний аналіз та вибір варіанту вирішення поставленого завдання

1.5 Опис конструкції

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення розрахункового крутного моменту

2.2 Визначення діаметра привідного вала

2.3 Розрахунок пружнього елемента

2.4 Вибір тензорезистора

2.5 Розрахунок шпоночного з'єднання під кріплення гнучкого фланця

2.6 Розрахунок чистового (з-під розвертки) болта фланцевого з'єднання

2.7 Розрахунок на точність

2.8 Повірка системи

3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Оцінки похибок вимірювання опору тензорезистора

3.2 Математична постановка та метод розв'язання задачі

3.3 Реалізація моделі у вигляді програми

3.4 Результати моделювання

3.5 Перевірка адекватності моделі

4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Опис та структурна схема мікросхеми мікро ЕОМ

4.2 Розрахунок тензодатчика

4.3 Розрахунок датчика вимірювання кутової швидкості

4.4 Опис роботи електронного блоку керування

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Охорона праці

5.1.1 Небезпеки, що виникають при роботі

5.1.2 Розрахунок і розробка захисного заземлення

5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.2.1 Вплив шуму на виробничу діяльність та методи захисту

5.2.2 Вплив виробничої вібрації та методи захисту

5.2.3 Інженерний захист робітників і службовців об'єкта

5.2.4 Оцінка захисних споруд по вмістимості у споруді

5.2.5 Оцінка сховищ по захисних властивостях

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ДОДАТКИ

ВСТУП

Наявність інформації про величину крутного моменту, що діє в кінематичному ланцюгу приводу, в багатьох випадках є вкрай необхідною як для отримання даних про хід протікання, наприклад, процесу різання, необхідних для його оптимізації, так і для ефективного управління технологічним процесом обробки матеріалів з використанням активного контролю.

Для блокуючих пристроїв значної частини систем активного контролю, особливо самоналагоджувальних, відоме значення крутного моменту дозволяє вчасно прийняти рішення про підналадку або корекцію ходу технологічного процесу, попередити руйнування ріжучого інструменту при перевантаженнях чи виходу з ладу елементів приводу.

Особливої ваги набуває створення функціонально закінчених вимірювальних блоків, які можна було б використовувати в різноманітних технічних об'єктах.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз об'єкту вимірювання

Основним завданням даної роботи є розробка блоку контролю крутного моменту, який можна встроїти в функціонуюче типове обладнання при його модернізації чи ремонті.

Випробування різноманітних типів двигунів та енергетичних засобів з метою покращення конструкції, підвищення експлуатаційної надійності, зменшення теплових, механічних, електричних та інших втрат та збільшення ККД потребують створення більш досконалої вимірювальної апаратури, для визначення крутних моментів, що передаються валом, який обертається.

Використання засобів для вимірювання крутного моменту, що викликано необхідністю визначати потужність енергетичних засобів, а також проводити експлуатаційні та ресурсні випробування мобільних силових агрегатів (двигунів тракторів, сільськогосподарських машин та інших транспортних засобів) для визначення сил опору навантаження в механізмах з вихідним валом, що обертається, та подібних завданнях і проблемах.

1.2 Огляд методів та засобів вимірювання крутних моментів

Для вимірювання крутного моменту сфера використання пристроїв є досить різноманітною, як і вимоги, що ставляться до них. Тому існує багато систем виміру крутного моменту.

В основному класифікація пристроїв для вимірювання величини крутного моменту покладені різноманітні ознаки: призначення, особливості конструкції, принцип роботи, умови експлуатації, точність отриманої інформації і тому подібне.

Найбільш зручною для використання є класифікація вимірювання крутного моменту по принципу роботи, згідно якої всі прилади та пристрої для вимірювання величини крутного моменту можна розділити на:

1. Механічні: механічні гальма, електричні гальма, аеродинамічні гальма з диференціальним механізмом, індукторні, привідні двигуни.
2. Гідравлічні: камерні, об'ємні, дискові з масляною плівкою.
3. Оптичні: фотоелектричні, фотопружні, стробоскопічні, оптико-електричні, оптико-механічні, голографічні.
4. Електричні, що поділяються на:
 - 1 з датчиком на валу, що обертається, ємнісні, струнні, ізотопні;
 - 2 з датчиком не на обертовому валі - ноніусі, часові фази;
 - 3 тензометричні, що діляться на два типи:
 - з датчиком на обертовому валу - безконтактні, омичні;
 - з датчиком не на обертовому валу - магнітопружні, з використанням вихрових струмів.

Більшість з них для вимірювання величини крутного моменту використовуються в стаціонарних і лабораторних умовах.

До їх переваг належить простота конструкції, зручність в експлуатації. Проте вони мають ряд недоліків, до яких відносяться: неможливість використовувати при наявності вібрацій, битті валів, великих коливаннях вологості та температури оточуючого середовища.

На основі випробувань встановлено, що для тривалого та стабільного використання у польових умовах придатні лише вібраційно-частотні, часові, фазові, омичні та безконтактні способи вимірювання величини крутного моменту.

Вібраційно-частотні датчики виготовляють з валами із спеціальних високоякісних сталей.

Через різноманітність типорозмірів валів тракторів та сільськогосподарських машин ці датчики не знайшли широкого застосування для вимірювання величини крутного моменту.

Часові та фазові методи вимірювання величини крутного моменту використовують на валах з великою базою (довжиною вала) або великим кутом закручування.

До недоліків цих методів цих методів слід віднести залежність похибки вимірювання від частоти обертання валу та його биття.

У зв'язку з цим часові і фазові методи вимірювання величини крутного моменту можуть бути використані лише виключно в локальних умовах експлуатації.

Найбільш простий та надійний спосіб реєстрації величини крутного моменту ґрунтується на безпосередньому вимірюванні деформації на поверхні досліджуваного валу за допомогою тензометричних сенсорів.

Такі вимірювання величини крутного моменту дістали назву - омічні, це в більшості випадків використовують дротяні датчики.

Як правило для вимірювання величини крутного моменту використовують мостову схему з двома - чотирма тензодатчиками, що наклеюють під кутом 45° до осі.

Використання мостової схеми збільшує чутливість, покращує лінійність характеристик, дозволяє знизити чутливість перетворювача до деформацій згину, а також до напружень, що виникають при стисканні, або розтягненні вала, зменшується вплив температури на процес вимірювання.

Переваги тензометричних датчиків є малі розміри, простота механічних конструкцій, недоліками - зняття показів з валу, що обертається на нерухомий вимірювальний прилад, а також те, що мостова схема не забезпечує повної компенсації впливу деформацій згину.

1.3 Патентний пошук

Основою патентного пошуку стало авторське свідоцтво SU 1631321A1, GD1L3/04 "Тензометричний динамометр для вимірювання крутного моменту".

Винахід належить до вимірювальної техніки і може бути використаний для вимірювання величини крутного моменту на валах різних машин.

Мета винаходу - збільшення точності вимірювання тензодинамометра та спрощення його монтажу на вали.

Тензодинамометр складається з корпусу 1 з привідною деталлю (зірочкою, шківком), в якому встановлені кульові підшипники 2, що посаджені внутрішніми кільцями на зовнішню частину маточини 3 та впираються в бурт через набір регульованих прокладок 4. Пружний елемент 5 виконаний у вигляді порожнистого циліндра з фланцями, з наклеєними на його зовнішню поверхню тензоризисторами 6, відцентрований відносно спільної осі тензодинамометра посадкою спеціальної розточки, що проточена в стискувальній поверхні заднього фланця на зовнішнє кільце підшипника, що виступає, та з'єднаний переднім фланцем з маточиною 3, із заду - з привідною деталлю на корпусі 1 [2].

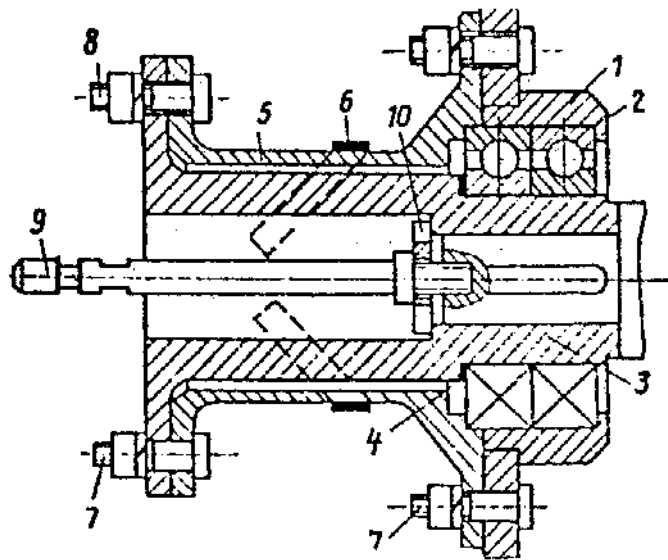


Рисунок 1.1 - Прототип блоку вимірювання величини крутного моменту

Посадка корпусу 1 з привідною деталлю на підшипники 2 розвантажує пружний елемент 5 від дії радіальних сил, що сприймається привідною деталлю, а також дає можливість при передачі крутного моменту пружньому елементу 5 від маточини 3 з незначним опором.

Для забезпечення жорсткості з'єднання пружнього елемента 5 з маточиною та корпусом 1 з привідною деталлю в кожному фланцевому з'єднанні є по два болти 7 з під розвертки, що розміщені діаметрально протилежно, решта болтів 8 - звичайного виконання.

З'єднувальний стержень 9 крім свого прямого призначення - з'єднання вала машини з ротором струмознімача та прокладеного по його поверхні вивідних провідників схеми тензорезисторів, служить також для осьової фіксації тензодинамометра на валу машини за допомогою шайби 10.

Тензодинамометр працює слідуєчим чином. Крутний момент від приводу машини передається за допомогою клинового паса, або ланцюга привідної деталі (шківу, зірочці) на корпусі 1. Від неї пружньому елементу 5, а потім маточині 3, а далі через шпоночне з'єднання вала, на який посаджено тензодинамометр.

Деформація пружнього елемента сприймається тензорезисторами 6, електричний струм розбалансу схеми тензорезисторів по провідниках, що прокладені по стержні 9 передається через струмознімач вимірювальної апаратури. [2]

Використання в тензодинамометрі пружнього елемента, що виконаний у формі порожнистого циліндра з товщиною стінки, яка вибрана зі співвідношення

$$\delta < 0.1d_c \quad (1.1)$$

де d_c - діаметр кільцевого січення пружнього елемента по середній лінії, дозволяє створити на його поверхні шляхом варіації геометричних розмірів кільцевого січення пружнього елемента максимальний рівень дотичних напружень, що еквівалентні величині крутного моменту, що вимірюється, та одночасно значну величину крутної жорсткості пружнього елемента, що забезпечує високу власну частоту тензодинамометра для збільшення точності вимірювання [3].

Крім цього, конструкція тензодинамометра з порожнистим пружнім елементом дозволяє зменшити кількість додаткових деталей та з'єднань між привідною деталлю та валом машини до можливого мінімуму, що суттєво

спрощує його монтаж на валу та зняття без будь-якого розбирання, знижуючи затрати на складання та виготовлення і металоємність.

1.4 Порівняльний аналіз та вибір варіанту вирішення поставленого завдання

По конструктивних особливостях тензометричні пристрої діляться на два типи:

- з розміщенням тензометричних датчиків на рухомих елементах приводу;
- з розміщенням тензометричних датчиків на не рухомих елементах приводу;

Зусилля в останніх на тензометричні датчики, що закріплені стаціонарно, передаються від приводу, що має можливість повертатись під дією крутного моменту завдяки встановленню на підшипниках, допоміжних передач (зубчатою передачею на пружний торсіонний вал, тросом через шків на осі обертання приводу, встановленням приводу на важелі і т.д.).

Перевагами цих конструкцій є відсутність струмознімачів з рухомих елементів, що зменшує похибку вимірювання та спрощує електричну частину приладу.

Недоліками є громіздкість і складність механічної конструкції, та наявність додаткових похибок за рахунок механічних передач, що в свою чергу створює неможливі умови застосування приладу в складних польових умовах.

Тензомоментоміри з розміщенням тензодатчиків на рухомих елементах при досягненні оптимальних конструкцій мають мінімальні габарити та максимальну просту будову, що компенсує похибки, викликані зніманням інформаційного сигналу з обертових елементів [4].

Отже для вирішення поставленого питання спиняємось на конструкції пристрою для виміру крутного моменту з кріпленням тензодатчиків на рухомих елементах приводу на базі авторського свідоцтва SU 1631321A1, GD1L3/04 "Тензометричний динамометр для вимірювання крутного моменту".

1.5 Опис конструкції

Проектований пристрій для вимірювання крутного моменту може бути змонтований як на ведучих так і на ведених валах приводів силових агрегатів з врахуванням діаметрів відповідних валів.

В розглядуваному варіанті пристрій 2 для вимірювання крутного моменту змонтовано в шпindelному вузлі 1 карусельного верстата.

Пристрій для вимірювання крутного моменту складається з маточини, яка посаджена на вихідному валу і через шпонкове з'єднання передає крутний момент на пружний елемент, який виконано у вигляді порожнистого циліндра на зовнішню поверхню якого наклеєно тензорезисторні датчики .

Фланець приєднується до передавального шків за допомогою болтів. Шків, має можливість провертатись відносно маточини при деформації пружного елемента фланця на підшипниках, які зафіксовані від осьового переміщення стопорним кільцем.

Для зменшення биття привідних елементів струмознімачів, ротор струмознімача, розміщено на пружньому фланці.

Зовнішню поверхню латунних контактних кілець ротора струмознімача оброблено в зборі з пружнім фланцем, що дає змогу звести до мінімуму биття.

Для зняття деформації з датчика використовуються стандартні міднографітні щітки в щіткотримачах, які кріпляться в штативі, що складається з кронштейнів.

Розроблена конструкція дає можливість великої варіації геометричних розмірів пружного елемента, що в свою чергу створює можливість досягнення максимальних напружень поверхонь, а відповідно і рівня отримуваних показів.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення розрахункового крутного моменту

Приймаємо для проєктованого пристрою двохступінчатий циліндричний співвісний мотор-редуктор МЦ 2С 63-35,5 ЦУЗ, для якого допустимий крутний момент становить $T_{\text{доп}}=135 \text{ Н}\cdot\text{м}$, який і приймемо за найбільший розрахунковий момент.

2.2 Визначення діаметра привідного вала

Діаметр вала визначимо по формулі:

$$d = \sqrt{\frac{16T}{\pi(\tau_k)}} \quad (2.1)$$

де $T = T_{\text{доп}} = 135 \cdot 10^3 \text{ Нмм}$ - крутний момент, що передається валом, $(\tau_k) = 25 \text{ Н/мм}^2$ - орієнтовне допустиме напруження на кручення матеріалу валу.

$$d = \sqrt{\frac{16 \cdot 135 \cdot 10^3}{\pi \cdot 25}} \approx 30 \text{ мм}$$

Враховуємо, що на частину маточини, яка призначена для шпоночного з'єднання з пружним фланцем не діє радіальне навантаження, так як шків розвантажений на підшипниках, приймаємо діаметр маточини в місці шпоночного з'єднання з пружним фланцем рівним діаметру вихідного кінця вала мотор-редуктора $d=28 \text{ мм}$.

2.3 Розрахунок пружнього елемента

Важливими параметрами пружніх елементів є модуль пружності та модуль зсуву, значення яких повинні не залежати або в дуже незначній мірі залежати від температури, робочих навантажень та часу.

Найбільш оптимальним матеріалом є сталь 36НХТЮ для якої залежність модуля пружності E від температури є лінійною, що робить можливим проводити компенсацію температурної похибки за рахунок введення в перетворювач термокомпенсуючої ланки [5].

Основні параметри сталі 36НХТЮ є наступні:

Границя витривалості	$\sigma_B=1127 \dots 1225$ МПа
Границя текучості	$\sigma_{0.2}=780 \dots 980$ МПа
Модуль пружності	$E=176 \dots 196$ ГПа
Модуль зсуву	$G=68$ ГПа
Густина	$\rho=7.9$ г/см ³

Так як матеріал досліджуваної деталі і матеріал тензорезистора повинні підлягати механічним напруженням, що не перевищують границі пружніх деформацій, інакше виникнуть в матеріалі незворотні деформації [5].

Тому допустимі значення напружень не повинні перевищувати 20-30% границі пружності.

При крученні вала в матеріалі виникають дотичні напруження. По закону парності дотичних напружень в поздовжніх січеннях вала виникають дотичні напруження:

$$\tau_p = \frac{T_k \cdot \rho}{I_p} \quad (2.2)$$

де ρ - радіус точки прикладання напружень; I_p - полярний момент інерції січення вала; T_k - крутний момент.

Нормальні напруження на участках, що нахилені під кутом α до осі вала

$$\sigma_{\alpha} = -\tau \cdot \sin 2\alpha \quad (2.3)$$

Головні напруження при крученні

$$\sigma_1 = \sigma_3 = \tau_{\max} = M_k / W_p; \quad \sigma_2 = 0 \quad (2.4)$$

Траєкторія головних напружень - це гвинтові лінії, що складають кути 45° з будь-якою твірною вала.

Саме тому тензорезистори, що сприймають деформацію стиску і розтягу прикріплюємо під кутом 45° до осі пружнього елемента.

Конструктивно приймаємо:

Зовнішній діаметр пружнього елемента $D=40\text{мм}$

Внутрішній діаметр $d=39\text{мм}$

Робоча довжина $l=36\text{мм}$

Найбільше дотичне напруження для трубчатого вала

$$\tau_{\max} = \frac{16T_k D}{\pi(D^4 - d^4)} = \frac{16T_k}{\pi D^3 (1 - \alpha^4)} = 113 \text{ МПа} \quad (2.5)$$

де $\alpha = d/D = 39/40 = 0.975$

Рекомендовані напруження

$$\sigma < (0.2 - 0.3)\sigma_{0.2} = (0.2 - 0.3) \cdot 880 = 176 \div 264 \text{ МПа}$$

Умова виконана

$$\sigma_1 = \tau_{\max} = 111.2 \text{ МПа} < \sigma = 176 \div 264 \text{ МПа}$$

Питомий кут закручування

$$\Theta = \frac{T_k}{\sigma \cdot I_k} = \frac{32 \cdot T_k}{\pi D^4 (1 - \alpha^4) \sigma} = \frac{32 \cdot 135}{\pi \cdot 0.04^4 (1 - 0.925^4) \cdot 6.8 \cdot 10^{10}} = 0.0295^\circ$$

Питомий кут закручування

$$\varphi_{\max} = \Theta \cdot l = 1.69 \cdot 0.036 = 0^\circ 3' 39''$$

Згідно закону Гука

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (2.6)$$

де ε - відносна деформація матеріалу.

Отже максимальна відносна деформація матеріалу поверхні пружнього елемента

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{40.2}{(1.76 \dots 1.96) \cdot 10^5} = (0.023 \dots 0.0205) \%$$

2.4 Вибір тензорезистора

Приймаємо тензорезистор дротяний одноелементний петливий на паперовій основі типу ПКБ-30-400, для якого

База виміру	$l_p = 30 \text{ мм}$
Коефіцієнт тензочутливості	$K = 1.9 - 2.2$
Номінальний опір	$R = 400 \text{ Ом}$
Гранична деформація	$\varepsilon_{\max} = \pm 0.3 \%$
Повзучість	$0.5 \dots 2.5 \%$

Вибраний тензорезистор задовільняє як по геометричних розмірах, так і по значенню граничної деформації. [5]

2.5 Розрахунок шпоночного з'єднання під кріплення гнучкого фланця

Для діаметра маточини $d=28\text{мм}$ вибираємо призматичну шпонку з наступними параметрами:

ширина шпонки	$b=8\text{мм};$
висота шпонки	$h=7\text{мм};$
робоча висота шпонки	$t=4\text{мм};$
довжина шпонки	$l=32\text{мм};$
робоча довжина шпонки	$l'=23\text{мм}.$

Напруження зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{2T_k}{d(h-t)l'} = \frac{2 \cdot 135 \cdot 10^3}{28 \cdot (7-4)23} = 140 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}] = 150 \text{ МПа}$$

2.6 Розрахунок чистового (з-під розвертки) болта фланцевого з'єднання

Діаметр болта $d_c=9\text{мм}$, товщина фланця шківів $h_1=10\text{мм}$, товщина фланця гнучкого $h_2=8\text{мм}$.

Умова міцності на зріз

$$\tau_{зр} = \frac{F_c}{A_{зр}} = \frac{4F_c}{\pi d_c^2} < [\tau_{зр}] \quad (2.8)$$

де F_c - поперечна сила

$$F_c = \frac{2T_k}{D} = \frac{2 \cdot 135 \cdot 10^3}{115} = 2348 \text{ Н}$$

$$\tau_{зр} = \frac{4 \cdot 2348}{\pi \cdot 9^2} = 32.8 \text{ МПа} < 75 \text{ МПа}$$

Умова міцності на зминання для сталі 35

$$\tau_{зм} = \frac{F_c}{A_{зм}} = \frac{F_c}{hd_c} < [\tau_{зм}]$$

Для фланця пружнього

$$\tau_{зм} = \frac{2348}{72} = 346 \text{ МПа} < [\tau_{зм}] = 420 \text{ МПа}$$

2.7 Розрахунок на точність

Похибка пристрою визначається похибкою чутливості тензодатчика і похибкою, що з'являється внаслідок появи паразитних сил тертя.

Для розрахунку похибки тензорезистора приймемо раніше знайдене значення чутливості $S=5.95$, за величину, обернену його абсолютній похибці:

$$\Delta = 1/5.95 = 0.253$$

При цьому було враховано те, що мінімальний сигнал може бути прийнятий і відповідно відкоректований електричною схемою, рівний 1 мВ.

Для розрахунку зведеної похибки знайдемо відношення абсолютної похибки до різниці між верхньою і нижньою межею чутливості, при яких зберігається лінійна залежність між деформацією і вихідним сигналом:

$$\delta_2 = \frac{\Delta \cdot 100\%}{B - H} = \frac{0.253}{(100 - 10)} \cdot 100\% = 0.281\% \quad (2.16)$$

Слід зазначити, що це похибка не враховує впливу похибки вимірювального ланцюга.

Вплив температурної похибки також є суттєвим на результат вимірювань, для чого в його робоче плече тензорезисторного мосту включають компенсаційний опір

$$\Delta\varepsilon_0 = 0.01\Pi_{0.5}\varepsilon \pm \lambda\varepsilon \sqrt{\left(\frac{S_k}{K}\right)^2 + \Pi_{0.3} \cdot 10^4 + \left(\frac{\sqrt{2} \cdot K_{st} \cdot 10^3}{3K\varepsilon}\right)^2} \quad (2.17)$$

де $\Pi_{0.5}$ і $\Pi_{0.3}$ - величини, що залежать від повзучості матеріалу Π_1 за одну годину слідувачим чином: $\Pi_{0.5} = 0.7\Pi_1$, $\Pi_{0.3} = 0.5\Pi_1$, S_k - розсіювання чутливості, K_{st} - розсіювання температурної характеристики опору, λ - коефіцієнт рівний 2, S_k - середнє квадратичне відхилення повзучості, ε - відносна деформація.

Тоді $\Delta\varepsilon_0 = 0.08\% + 1.06 \cdot 10^{-3}\%$

Як видно із розрахунку основна похибка тензорезистора є набагато меншою за похибку чутливості тензодатчика і їх сумарна похибка

$$\delta = \sqrt{\delta_c^2 + \Delta\varepsilon_0^2} = \sqrt{0.281^2 + 0.08106^2} = 0.293\% \quad (2.18)$$

Для знаходження граничної похибки приладу обрахуємо коефіцієнт, який буде враховувати паразитні сили тертя у підшипниках та зубчатих передачах, що приводить до моменту опору холостого ходу

$$K_B = K_1^m K_2^k \quad (2.19)$$

де K_1 - коефіцієнт, що враховує втрати на тертя в одній парі підшипників; m - кількість пар підшипників; K_2 - коефіцієнт, що враховує втрати в зубчатій передачі; k - кількість зубчатих зачеплень.

Для даної схеми $m=4$; $k=2$; $K_1=0.95$; $K_2=0.97$

$$K_B = 0.735$$

Гранична похибка приладу:

$$\delta_r = \delta_c / K_B = 0.398\% \approx 0.4\% \quad (2.20)$$

2.8 Повірка системи

Тензометричні динамометри повинні періодично піддаватись повірці.

Повірка проводиться або на спеціальних стендах, при заданих значеннях навантаження з діапазону вимірювання крутного моменту або безпосередньо на місці встановлення вимірювального блоку з допомогою еталонних задавачів крутного моменту з наперед відомою похибкою, яка не повинна перевищувати 30 % від допустимої похибки вимірювання.

Основу тарировочного пристрою становить пружній елемент, на поверхні якого з допомогою системи навантаження задають деформацію заданої величини.

Клас точності виміру залежить від точності окремих приладів, які входять в стенд.

В кожній точці з діапазону вимірювання вимірювальний експеримент повторюють по п'ять разів і для порівняння з допустимими границями використовують середнє арифметичне значення.

3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Оцінки похибок вимірювання опору тензорезистора

Вибір об'єкта моделювання і побудова його математичної моделі інформаційно-вимірювальної системи для визначення крутного моменту на базі тензометричного динамометра. Об'єктом дослідження є мобільні силові агрегати типу двигунів тракторів, сільськогосподарських машин та інших транспортних засобів для визначення сил опору навантаження в механізмах з вихідним валом.

Математична модель служить для розробки інформаційно-вимірювальної системи визначення крутного моменту на базі тензометричного динамометра, що передаються валом, який обертається. Для опису окремих властивостей проєктованого об'єкта, суттєвих на етапі конкретної проєктної процедури.

Вона може відображати:

- сукупність і взаємозв'язок складових елементів об'єкта при розв'язанні задач прив'язки конструктивних елементів до певних просторових позицій.

- геометричні властивості об'єкта стосовно просторових форм і взаємного розташування його елементів.

- кількісні і якісні співвідношення між зовнішніми умовами, параметрами процесу і параметрами системи, в якій досліджувані процеси відбуваються.

При цьому обов'язково зазначають область адекватності прийнятого опису.

З огляду на сказане, у моделі, яка здійснює моделювання технічного об'єкта інформаційно-вимірювальної системи для визначення крутного моменту на базі тензометричного динамометра за умов, наближених до умов його експлуатації.

3.2 Математична постановка та метод розв'язання задачі

На початковому етапі формулювання математичної моделі звернемося до концептуальної постановки задачі – переліку основних питань, що повинні вирішуватися засобами математичного моделювання, а також сукупності гіпотез відносно властивостей і поведінки об'єкта моделювання, що нами моделюється, та що описують стан об'єкта. А також перелік законів, що описують поведінку об'єкта. Та визначається набір параметрів і взаємозв'язок між параметрами об'єкта із навколишнім середовищем.

Концептуальна модель будується як ідеалізована модель об'єкта, згідно з прийнятими гіпотезами. .

Математична постановка задачі (математичний опис об'єкта) – це сукупність математичних співвідношень, що описують поведінку об'єкта моделювання.

Звернемося до аналітичного представлення залежності вимірюваного опору від напруги живлення і еталонних опорів в плечах вимірювального моста.

В даному випадку робочими формулами є співвідношення, які задають вплив зміни опору в плечі моста на напругу розбалансу:

$$dr=4*U*r_0/U_0/(1-2*U/U_0), \quad (3.1)$$

де U_0 - напруга живлення, r_0 - сталий опір, U - напруга розбалансу та вплив температури на зміну опорів в плечах моста:

$$R=r_0*(1+k_1*(t-T_0)+k_2*(t-T_0).^2).$$

3.3 Реалізація моделі у вигляді програми

Для моделювання даних залежностей використано середовище МАТЛАБ, зокрема, робота із символьними змінними.


```

clear all
r0=1000;
U0=100;
%вплив зміни опору в плечі моста на напругу розбалансу
%(обернена характеристика)
syms U
dr=4*U*r0/U0/(1-2*U/U0)
subplot(3,1,1)
ezplot(dr,[0,5]),grid

%вплив зміни температури на зміну опору в плечі моста
%(обернена характеристика)
T0=20;
t=[T0:10:T0+10*T0];
k1=.001;
k2=.000005;
R=r0*(1+k1*(t-T0)+k2*(t-T0).^2);
subplot(3,1,2)
plot(R-r0,t,'o'),grid
n=length(t);
Q(1:n,1)=R(1:n)-r0;
Q(1:n,2)=t(1:n);
T=1.5e-006*dr^3-.0015*dr^2+.84*dr+22;

% залежність вимірюваного опору від напруги розбалансу
%(градувальна характеристика)
subplot(3,1,3)
ezplot(T,[0,5]),grid

% залежність вимірюваного опору від напруги розбалансу і
опору
%в плечах збалансованого моста(повна градувальна
характеристика)

syms U r0
dr=4*U*r0/U0/(1-2*U/U0);
T=1.5e-006*dr^3-.0015*dr^2+.84*dr+22;
figure
ezsurf(T,[0,5,100,1000])
box
%чутливість вимірювального блоку до зміни вимірюваної
напруги і опору в
%плечах збалансованого моста
Su=diff(T,U)

```

```

Sr=diff(T,r0)
figure
subplot(2,1,1)
ezsurf(Su,[0,5,100,1000])
box
subplot(2,1,2)
ezsurf(Sr,[0,5,100,1000])
box
% похибка вимірювання
dU=1;
dr0=5;
dT=abs(Su)*dU+abs(Sr)*dr0
figure
ezsurf(dT,[0,5,100,1000])

```

3.4 Результати моделювання

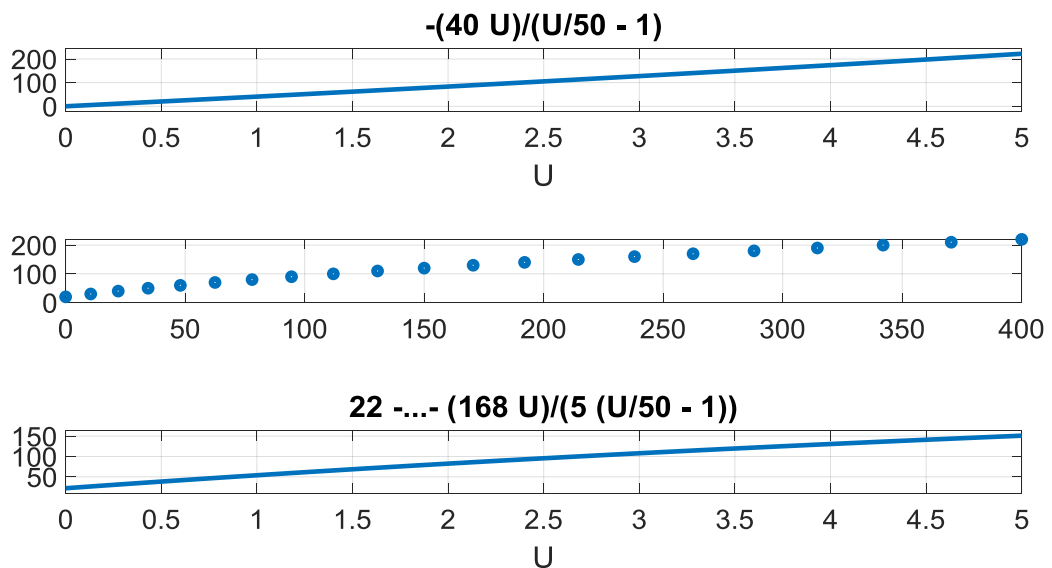


Рисунок 3.1 - Обернена характеристика для оцінки впливу зміни опору в плечі моста на напругу розбалансу (верхній графік); Обернена характеристика для оцінки впливу зміни температури на зміну опору в плечі моста (середній графік); Залежність вимірюваного опору від напруги розбалансу (нижній графік).

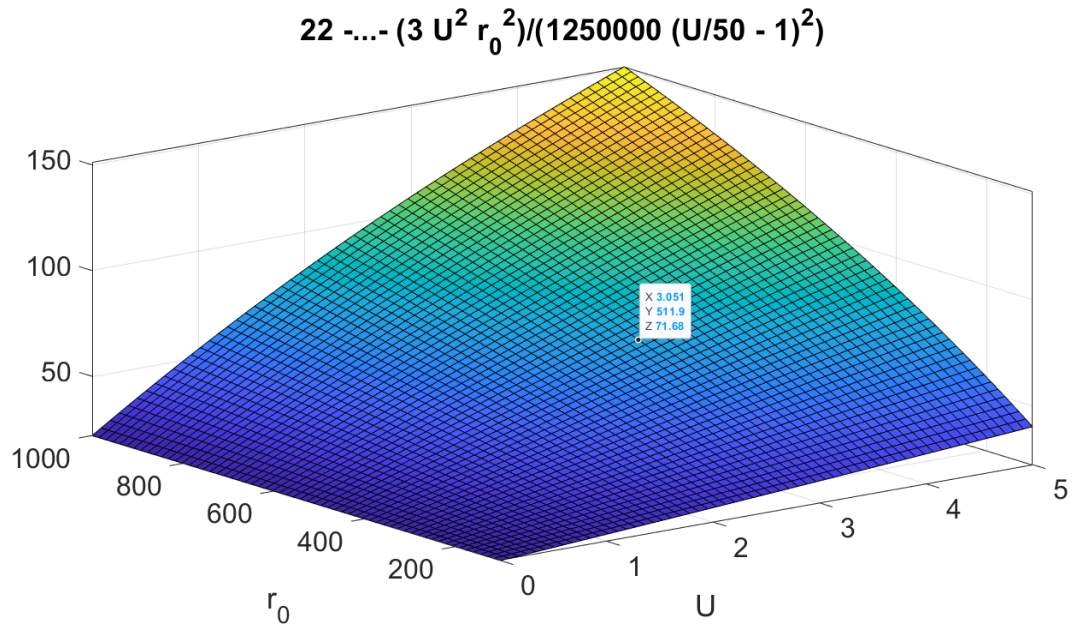


Рисунок 3.2 - Залежність вимірюваного опору від напруги розбалансу і опору в плечах збалансованого моста(повна градувальна характеристика)

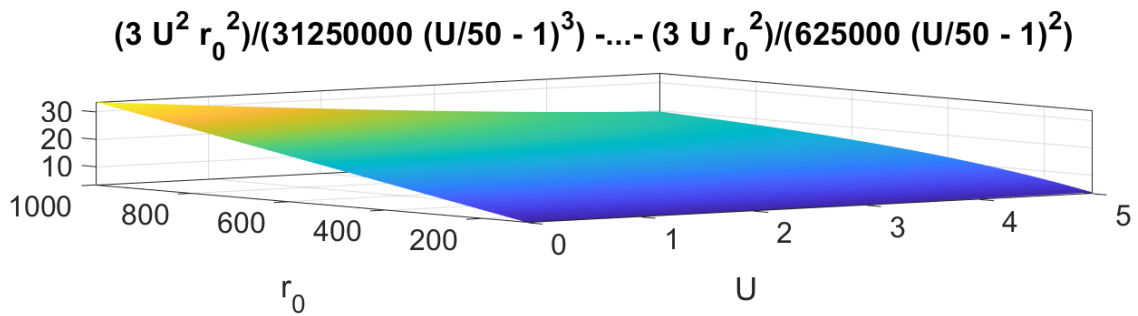


Рисунок 3.3 - Чутливість вимірювального блоку до зміни вимірюваної напруги і опору в плечах збалансованого моста

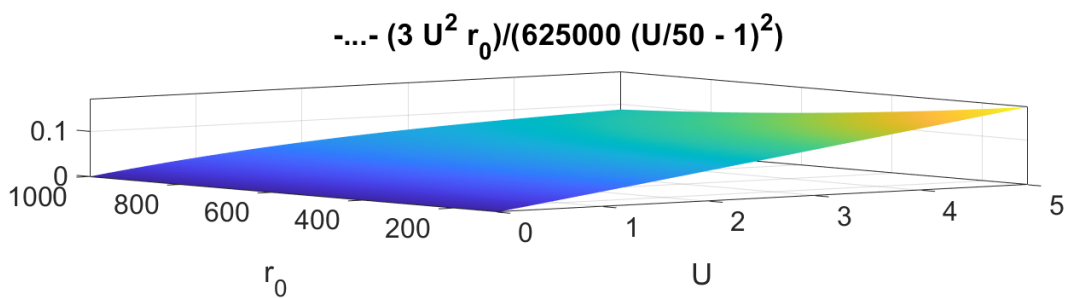


Рисунок 3.4 - Похибка вимірювання в залежності від напруги розбалансу і зрівноважувального опору в плечі моста

$$3 r_0^3)/(92233720368547758080000000 (U/50 - 1)^4) - (21 U r_0)/(31250 (U/50 - 1)^2) + (3 U$$

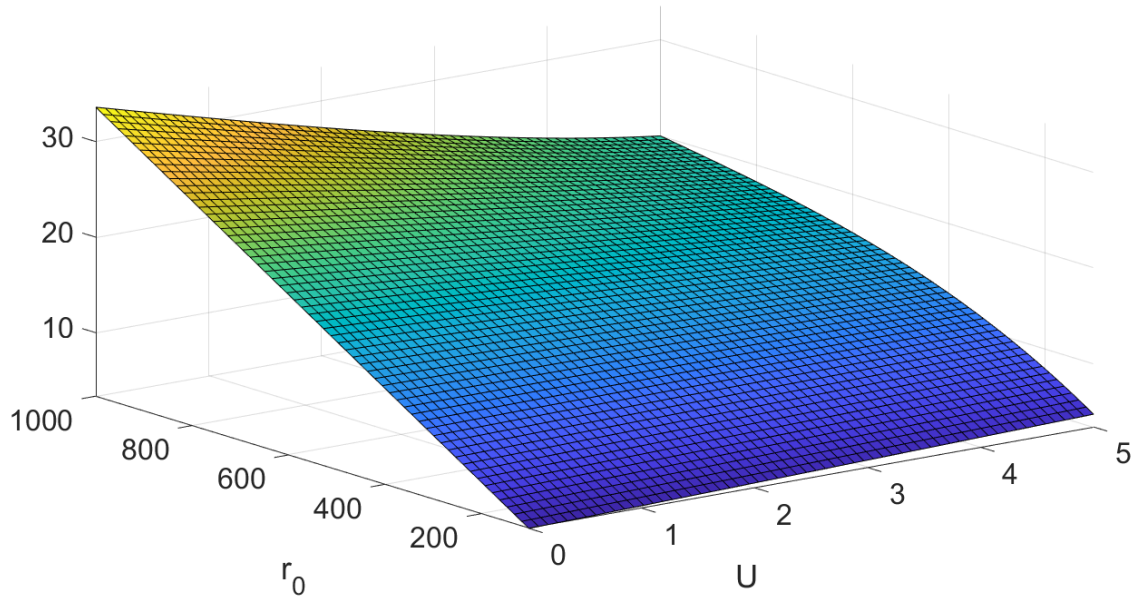


Рисунок 3.5 - Чутливість вимірювального блоку до зміни вимірюваної напруги і опору в % плечах збалансованого моста

1.5 Перевірка адекватності моделі

Під адекватністю моделі розуміють ступінь відповідності результатів. Отримані результати з використанням розробленої моделі інформаційно-вимірювальної системи для визначення крутного моменту на базі тензометричного динамометра даним експерименту або тестової задачі.

Перевірка адекватності маємо на меті:

- впевнились в справедливості прийнятої сукупності гіпотез;
- встановили, що точність отриманих результатів відповідає точності.

В моделях для виконання оціночних розрахунків задовільною вважається похибка 10...15%.

В моделях, що використовуються в керуючих і контролюючих системах допустима похибка 1...2% і менше.

Для підвищення інформативності при вимірювання крутного моменту в шпindelний вузол встроєно блок вимірювання кутової швидкості вала.

Існують різні варіанти для визначення частоти обертів електричними способами вимірювання.

Принципово відмінні методи вимірювання можуть бути розділені на дві основні групи: аналогові і дискретні.

Відмінність цих двох методів обумовлено в основному застосуваними вимірювальними перетворювачами (датчиками).

При дискретному методі вимірювання частота обертів визначається підрахунком числа імпульсів, які відбуваються при кожному оберті за одиницю часу, або числа одиниць часу між двома імпульсами.

Причини неадекватності ММ можуть бути наступні:

- значення заданих параметрів моделі не відповідають допустимій області;
- прийнята система гіпотез вірна, але константи і параметри у визначальних співвідношеннях не встановлені достатньо точно;
- невірною є використана система гіпотез.

4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Опис та структурна схема мікросхеми мікро ЕОМ

Для автоматизованого управління роботою приладу, обробки отриманої інформації та виводу результатів на індикацію розроблено блок керування.

Згідно структурної схеми пристрій має чотири тензометричні датчики крутного моменту, створюваного електродвигуном. Однокристална мікроЕОМ КМ1816ВЕ48 призначена для побудови нескладних систем керування. Вона містить 64 байти ОЗП даних, 1Кбайт ПЗП програм, багатоканальний інтерфейс вводу-виводу, восьмирозрядний лічильник-таймер.

.Розглянемо основні функціональні блоки.

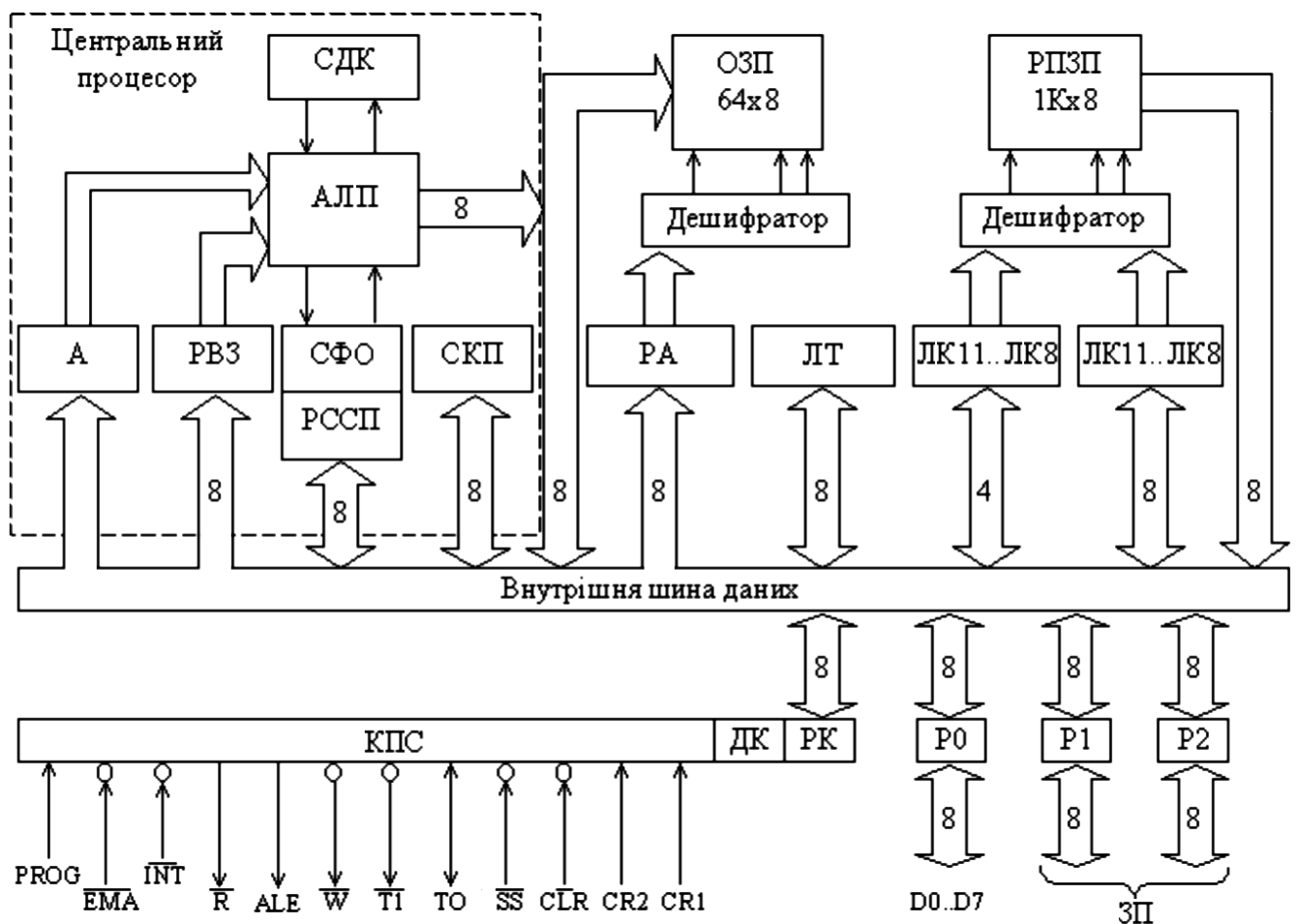


Рисунок - 4.1 Структурна схема

4.2 Розрахунок тензодатчика

Структура тензорезистивного датчика крутного моменту прямого перетворення є послідовним з'єднанням трьох послідовних вимірювальних перетворювачів і пружнього елемента, тензорезистора і вимірювальної схеми. В датчиках крутних моментів застосовують два вимірювальних ланцюги:

- подільник напруги,
- незрівноважений міст .

При цьому тензорезистор може бути включений в один, два плеча, або мостова схема може повністю складатись з тензорезистивних перетворювачів. Так як відносні зміни опорів тензорезисторів досить малі (як правило менше 1%) то суттєвий вплив можуть робити температурні зміни [7].

Необхідно передбачити температурну компенсацію, яка буде повною при умові ідентичності всіх характеристик тензорезисторів відповідної пари, що досягається індивідуальним підбором.

Навіть незначна різниця в опорах тензорезисторів приводить до того, що міст виявиться незрівноваженим при відсутності деформацій.

Тому в мостових схемах повинні бути передбачені змінні резистори.

Крім цього істотно впливає на датчики даного типу конструкція пружнього елемента для створення необхідних напружень на робочих поверхнях.

Вихідний сигнал тензорезистивного типу мосту при цьому складає 2мВ на 1В живлення.

Із зменшенням навантаження, що сприймається чутливим елементом, відповідно знижується і вихідний сигнал тензорезистора і зростають похибки приладу, тому мінімальне вимірюване зусилля приймають в розмірі 10% від номінального навантаження.

Вимога високої чутливості в багатьох випадках співпадає з вимогою високої швидкодії, що вимагає високої власної частоти пружнього елемента.

Чутливість пружнього елемента визначають по залежності

$$S_{cm} = \frac{B_{cm}}{f_{cm} E \mu V} \quad (4.1)$$

де $B_{ct} = \cos\alpha - \mu \sin\alpha$ - коефіцієнт чутливості, α - кут встановлення тензорезистора, μ - коефіцієнт Пуансона, d_{ct} - площа поперечного перерізу стержня.

Для сталі 38НХТЮ

$$E = 1.86 \cdot 10^5 \text{ МПа,}$$

$$\mu = 0.275 \text{ при } \alpha = 45^\circ$$

$$B_{ct} = \cos 45^\circ - 0.275 \sin 45^\circ = 0.513$$

Площа

$$f_{ct} = 0.62 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Власна частота коливань стержня

$$f_0 = \frac{0.249}{l} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (4.2)$$

де l - довжина робочої частини пружнього елемента, ρ - густина матеріалу вала, $\rho = 7900 \text{ кг/м}^3$

$$f_0 = \frac{0.249}{0.035} \sqrt{\frac{1.86 \cdot 10^{11}}{7900}} = 34.5 \cdot 10^3$$

Для визначення напруги живлення приймаємо, що тензорезистори виконані з тензочутливого урану НМ32ХЮ діаметром 20мкм, та питомим опором $1.57 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ [8].

Опір двох плечей мосту

$$R_H = 2R = 2 \cdot 400 = 800 \text{ Ом}$$

Довжина дроту

$$l = \frac{R \cdot S}{\rho} = \frac{R \cdot \pi \cdot d^2}{4\rho} = 0.16 \text{ м}$$

де S - площа поперечного січення дроту.

Допустима потужність

$$P_{\text{доп}} = P_{\text{пит}} \cdot S_0 \quad (4.3)$$

де $P_{\text{пит}}$ - питома потужність для дротяних тензорезисторів,
 $P_{\text{пит}} = 26 \dots 28 \text{ кВт/м}^2$ S_0 - площа охолодження, $S_0 = \pi \cdot d \cdot l$.

Звідси допустимий струм

$$I = \sqrt{\frac{P \cdot S_0}{R}} = \sqrt{\frac{27 \cdot 10^3 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 0.16}{800}} = 18.4 \text{ мА}$$

Допустима напруга живлення

$$U_{\text{дон}} = I_{\text{дон}} \cdot R = 18.4 \cdot 10^{-3} \cdot 800 = 14.7 \text{ В}$$

За напругу живлення приймаємо

$$U = 14 \text{ В}$$

Вихідний опір тензорезистивного мосту можна визначити по залежності

$$r = \frac{(K+1)R_2R_4}{R_2 + R_4} \quad (4.4)$$

де R_2 і R_4 - опори другого і четвертого плеч тензорезистивного мосту, K - коефіцієнт симетрії, для розрахунку приймаємо $K=0.9$ (із вимоги мінімальності вимірювального ланцюга при робочому першому плечі)

$$K = \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad (4.5)$$

Взявши $R_3=400$ Ом визначимо опори

$$R_2 = K \cdot R_1 = 0.9 \cdot 800 = 720 \text{ Ом}$$

$$R_4 = K \cdot R_3 = 0.9 \cdot 400 = 360 \text{ Ом}$$

Вхідний опір мосту

$$r_{\text{вх}} = 45.6 \text{ Ом}$$

Чутливість тензодатчика можна визначити по залежності

$$S_d = \frac{U \cdot S_{kx}}{M_x} = U = \frac{K}{(K+1)^2} \cdot \frac{32 \cdot C_2 S l}{\pi d^4 a b}$$

де C_2 - еквівалентний коефіцієнт деформації, вирахований в залежності від використання зон деформації

$$C_2 = (B_1C_1 + B_2C_2 + \dots + B_nC_n) / n \quad (4.6)$$

де B - конструктивний елемент розглядуваної зони, для стержневих пружних елементів $B=0.3$ при поперечній до осі стержня зоні; $B=1$ при поздовжній до осі стержня зоні. C - коефіцієнт використання деформації, для стержневих пружних елементів він дорівнює 1.

У зв'язку з тим, що у проєктованій схемі одним тензорезистором сприймається як поперечна, так і поздовжня деформація, а n - кількість робочих плеч мосту, рівна 1. C_2 для пружнього елемента приймемо рівним 1.3. тоді чутливість тензодатчика буде рівною $S_d=5.95 \cdot 10^{-3}$ В/Н·м [8].

Тобто на 1 Нм припадає 5.95 мВ. Така чутливість є сприятливою і досить високою.

4.3 Розрахунок датчика вимірювання кутової швидкості

Для підвищення інформативності при вимірювання крутного моменту в шпindelний вузол встроєно блок вимірювання кутової швидкості вала.

Існують різні варіанти для визначення частоти обертів електричними способами вимірювання.

Принципово відмінні методи вимірювання можуть бути розділені на дві основні групи: аналогові і дискретні.

Відмінність цих двох методів обумовлено в основному застосуваними вимірювальними перетворювачами (датчиками).

При дискретному методі вимірювання частота обертів визначається підрахунком числа імпульсів, які відбуваються при кожному оберті за одиницю часу, або числа одиниць часу між двома імпульсами.

Знімання даних вимірювання може відбуватись механічно, але основна перевага дискретного методу заключається в можливості безконтактної

передачі даних (індуктивної) і як наслідок усунення зношення частин які труться і високої точності [8].

Так як в основу цього методу вимірювання покладений цифровий принцип, то як правило, використовується цифрова індикація і обробка даних вимірювання.

У цьому випадку індикація виміряної швидкості відбувається практично без помилок.

Для даного завдання ми використовуємо дискретний метод вимірювання кутової швидкості.

У якості датчика кутової швидкості використовуємо фотопару і диск з прорізом.

Для цього використовуємо світлодіод АЛ107Б і фотодіод ФД7А який під'єднано через інвертор до входу таймера (лічильника) мікрокомпаратора.

При обертанні вала одночасно відбувається обертання диску тахометра. У цьому диску є проріз, через який світловий потік від світлодіода потрапляє на активну поверхню фотоелемента [10].

При цьому фотоелемент фіксує наявність світлового потоку, який через інвертор фіксується таймером (лічильником) ВЕ48. При цьому використовується рівність: 1 повний оберт вала навколо своєї осі рівний 1 імпульсу тахометра.

4.4 Опис роботи електронного блоку керування та алгоритм роботи

Весь процес вимірювання автоматизований і здійснюється програмно. Результати вимірювання виводяться на індикацію. Блок керування, ядром якого є ОЕОМ (Опис мікроконтролера), розпочинає процес вимірювання після натискання кнопки "ПУСК".

Весь процес контролю здійснюється програмно. Під дією крутного моменту відбувається деформація маточини, на якій наклеєні чотири тензодатчики.

Мікроконтролер за допомогою аналогового комутатора по чергово опитує датчики і обраховує значення величини крутного моменту. Результати вимірювань виводяться на індикацію.

МікроЕОМ виводить значення на чотири цифрових індикатори в динамічному режимі.

Двійково-десятковий код перетворений в семисегментний, який одночасно поступає на входи всіх цифрових індикаторів.

Однак загоряється в даний момент індикатор, який вибраний комутатором DD15.

Після закінчення вимірів електродвигун зупиняється.

Система переходить в стан очікування натискання кнопки «ПУСК» або «СТОП». У випадку натискання кнопки «ПУСК» процес вимірювання повторюється, а коли натиснута кнопка «СТОП» - робота завершується.

Алгоритм роботи приладу показано на рис.4.3.

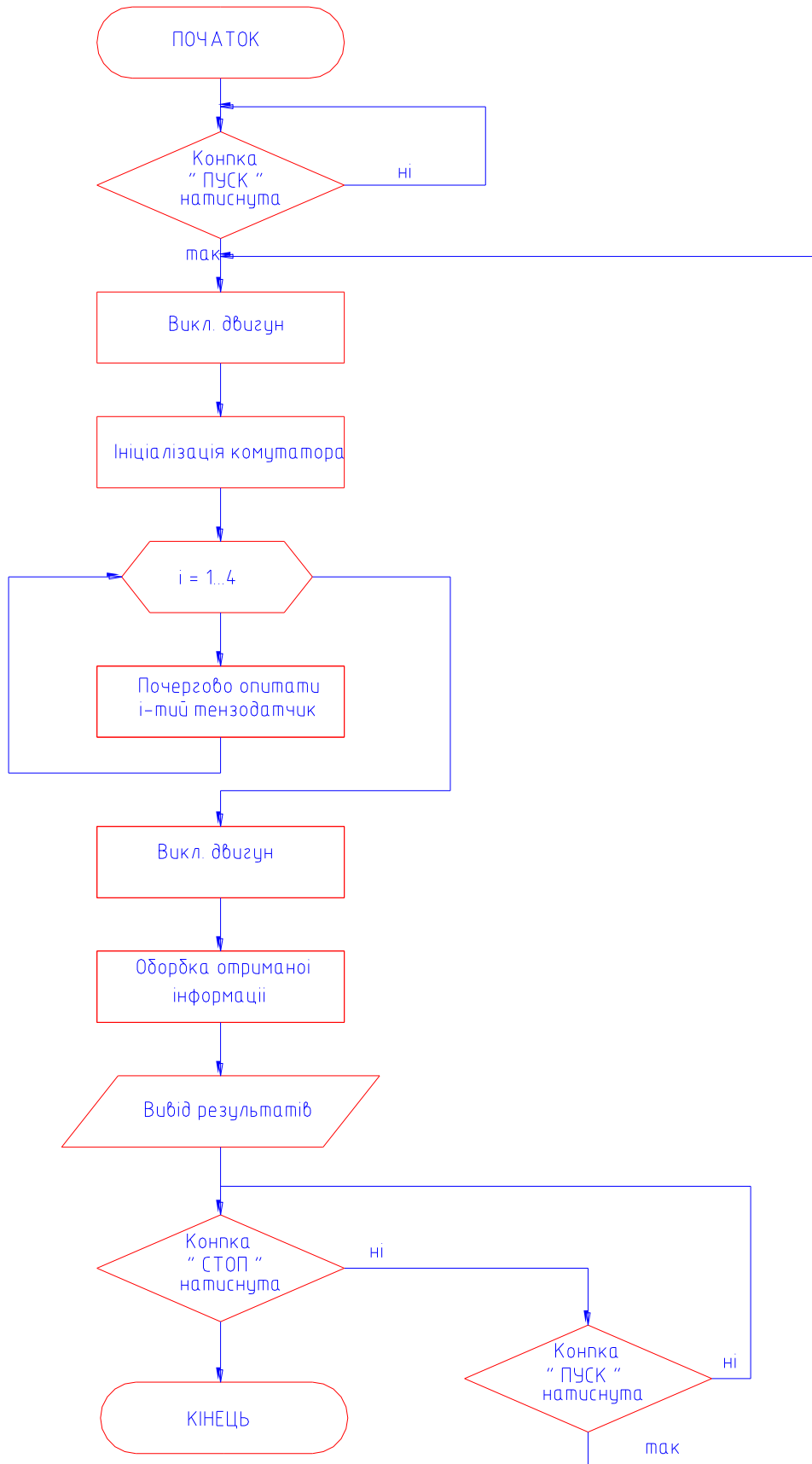


Рисунок 4.3 - Алгоритм роботи приладу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Охорона праці

5.1.1 Небезпеки, що виникають при роботі

Однією з основних задач охорони праці є забезпечення що виникають при роботі з інформаційно-вимірювальною системою для визначення крутного моменту на базі тензометричного динамометра для безпеки працюючих, забезпечення такого стану умов праці, при якому виключена дія на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів [28].

Для працюючих на приладобудівних підприємствах небезпечними факторами є:

- електричний струм;
- розряди атмосферної і виробничої статичної електрики;
- герметичні системи під тиском;
- піднімально-транспортні засоби;
- пристрої, в яких обертаються і переміщуються деталі.

Для безпечної роботи працюючих з пристроями використовують певні засоби захисту. Засоби захисту працюючих по характеру їх використання поділяють на дві категорії

- колективні;
- індивідуальні.

Використовують такі загальні вимоги до засобів захисту:

- поєднання захисних функцій з забезпеченням оптимальних умов праці;
- висока степінь захисної ефективності;
- надійність і зручність обслуговування машин і механізмів;
- врахування індивідуальних особливостей установок.

На виробництві використовують слідуючі технічні засоби забезпечення безпеки праці:

- загороджувальні засоби на випадок аварійних режимів - виключення пристрою при порушенні контрольного параметру;

- гальмуючі пристрої - для швидкої зупинки частин машин і обладнання, які рухаються;
- блокуючі пристрої, які б забезпечували фіксацію частин механізму в визначеному стані.

Небезпечність виробничих процесів забезпечується комплексом проектних і організаційних рішень, що заключаються в певному виборі технологічних процесів, робочих операцій, порядку обслуговування пристрою.

При експлуатації обладнання механізмів і машин можна виділити такі групи небезпек:

- небезпека, яка виникає при обслуговуванні механічного обладнання;
- небезпека ураження електричним струмом.

Отже, щоб забезпечити безпечні умови роботи з пристроями, потрібно виконувати такі заходи:

- заізолювати всі виводи від двигунів, щоб не було можливості ураження електричним струмом;
- необхідно, щоб було захисне заземлення (ПУЄ);
- достатнє освітлення;
- ізолюючі засоби захисту;
- інструкція по техніці безпеки.

5.1.2 Розрахунок і розробка захисного заземлення

Електричний струм представляє значну небезпеку і тому інженерно-технічним засобам безпеки, які призначені для захисту працюючих від ураження електричним струмом, повинна приділятися постійно значна увага.

Як показує аналіз, більше половини нещасних випадків, причиною яких є ураження електричним струмом, проходить при дотику працюючих з відкритим струмо-провідними частинами обладнання, яке знаходиться під напругою [28].

Для установки передбачається захисне заземлення і тому проводимо розрахунок захисного заземлюючого пристрою.

Захисне заземлення - це передбачене електричне з'єднання з землею металічних неструмоведучих частин, що можуть бути під напругою.

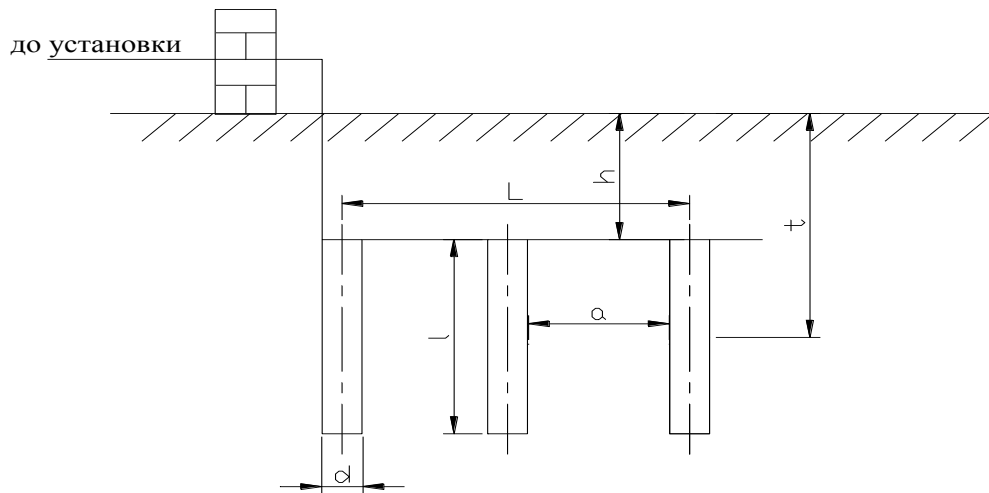


Рисунок 5.1 - Схема розрахунку заземлюючого пристрою

Вибираємо дані для розрахунку. У якості заземлювачів беремо сталеві труби діаметром $d=50\text{мм}$, довжиною $l=3\text{м}$. Траншея глибиною $h=0.6\text{м}$.

Питомий опір ґрунту $\rho=80\text{ Ом}\cdot\text{м}$. Заземлювачі розміщені в ряд.

Для з'єднання заземлювачів використовуємо сталеву стрічку $4\times 20\text{мм}$.

Розрахунок проводимо методом коефіцієнта використання електродів.

1) Визначаємо опір розтікання струму одного заземлювача - труби [26]

$$R_T = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) \quad (5.1)$$

$$R_T = \frac{80}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0.05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2.1 + 3}{4 \cdot 2.1 - 3} \right) = 21.4 \text{ Ом}$$

де t - відстань від поверхні ґрунту до середини труби

$$t = h + \frac{1}{2}l = 0.6 + \frac{1}{2} \cdot 3 = 2.1 \text{ м}$$

2) Визначаємо необхідну кількість заземлювачів

$$n = \frac{R_T}{R_H \cdot \eta_T} \quad (5.2)$$

де R_H - нормований допустимий опір на заземлюваний пристрій; $R_H=8$ у відповідності ПУЄ; η_T - коефіцієнт використання заземлювачів; $\eta_T=0.8$ вибираємо орієнтовно [].

$$n = \frac{21.4}{8 \cdot 0.8} = 3.34$$

Приймаємо кількість заземлювачів рівним 3 штукам (трубам).

3) Визначаємо довжину з'єднувальної полоси

$$L = 1.05 \cdot a \cdot (n - 1); \quad (5.3)$$

де a - відстань між трубами; приймаємо $a = 2 \cdot l = 2 \cdot 3 = 6$ м.

$$L = 1.05 \cdot 6 \cdot (3 - 1) = 11.4 \text{ м.}$$

4) Визначаємо опір розтікання струму з'єднувальної полоси [26].

$$R_{II} = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{2L^2}{bh}; \quad (5.4)$$

де b - ширина з'єднувальної полоси; $b=20$ мм.

$$R_{II} = \frac{80}{2 \cdot 3.14 \cdot 11.4} \ln \frac{2 \cdot (11.4)^2}{0.02 \cdot 0.6} = 4.6 \text{ Ом.}$$

5) Визначаємо опір розтікання струму заземлюючого пристрою [

$$R_{3П} = \frac{R_T \cdot R_{П}}{R_T \cdot \eta_{П} + R_{П} \cdot \eta_T \cdot n}; \quad (5.5)$$

де $\eta_{П}$ - коефіцієнт використання з'єднувальної полоси; $\eta_{П} = 0.5$

$$R_{3П} = \frac{21.4 \cdot 4.6}{21.4 \cdot 0.5 + 4.6 \cdot 0.8 \cdot 4} = 3.8 \text{ Ом.}$$

Розрахований опір заземлюючого пристрою відповідає нормам ПУЄ (≤ 4 Ом) і забезпечує безпечну роботу на установці.

5.1.3 Правила техніки безпеки при роботі на автоматизованих лініях

Система автоматичного управління лінією повинна виключати можливість самостійного включення і переключення її з налагодного на автоматичний режим роботи.

Автоматична лінія оснащена сигналізацією, що попереджує про включення чи переключення її з одного режиму на інший.

Кожен станок автоматизованої лінії повинен мати сигналізацію, що вказує на включений стан станка, а також режим його роботи.

Сигнальні пристрої встановлюються на пульту управління лінії.

Рухомі частини транспортних і завантажувальних пристроїв, які під час своєї роботи представляють небезпеку травмування, захищають надійними огорожами, що в свою чергу не заважають обслуговуванні їх.

Пристрої автоматизованих лінії повинні мати надійний захист від розкиду за межі лінії стружки, охолоджуючої рідини, осколків, випадково поломаного інструменту, і т.д.

У конструкції лінії повинні бути передбачені пристрої для усунення стружки від усіх станків, що входять в лінію.

Для контролю деталей, що виготовляються при роботі автоматизованої лінії в автоматичному режимі встановлюються спеціальні контрольні прилади. Зняття деталей в ручну з робочої позиції для контролю під час роботи лінії не допускається.

Автоматичні лінії мають блокуючі пристрої, що виключають роботу пристрою при незакріпленій деталі або при неправильному позиціонуванні.

На лінії передбачено можливість швидкого і зручного виключення її в аварійних випадках з працюючим персоналом, що знаходиться в зоні обслуговування лінії.

При необхідності візуального спостереження за роботою механізмів і вузлів, транспортних і завантажувальних пристроїв в огорожі передбачені відповідні пройоми (вікна), що закриті прозорим матеріалом чи сіткою.

Автоматичні лінії з великим числом станків, а також лінії, що обслуговуються з двох сторін, мають бути обладнані перехідними мостиками, що забезпечують безпеку персоналу при переході через лінію.

Підйомники транспортних пристроїв, а також механізми повороту, бункери, пристрої живлення та інші повинні виключати можливість самовільної їх дії, а при обробці деталей більше 16 кг на ділянках завантаження і відвантаження повинні бути передбачені підйомо-транспортні пристрої.

До самостійної роботи на автоматизованій лінії допускаються робочі, що пройшли курс навчання по безпечній роботі на даній лінії і допущенні кваліфікаційною комісією до її експлуатації.

Робочі повинні добре знати технологію і дотримуватись правил техніки безпеки.

Не дозволяється дотикатись до струмопровідних частин електрообладнання, до клем та колекторів електродвигунів, оголеним шинопровідників і т.д., а також до арматури загального освітлення.

Не допускається відкривати дверцята електророзподільчих шаф, кришки приладів, соленоїдів. Не слід знімати огорожі і захисні кожухи з струмопровідних частин електрообладнання.

При їх несправності необхідно викликати електрика дільниці. Змащування частин електрообладнання і механізмів повинно проводитись в залежності від необхідності і при умові, що система змащування знаходиться в справленому стані, і виключена можливість отримання травми.

Перед пуском автоматизованої лінії в роботу необхідно забрати з лінії всі матеріали, заготовки, готові вироби, відходи виробництва, що можуть мішати роботі, перевірити надійність закріплення деталей, що оброблюються і інструментів.

Неможна приступати до зміни інструменту і прибиранні обладнання до тих пір, поки електрик не відключить лінію електроживлення і не повісить вивіску "Не вмикати - працюють люди".

Після кожного ремонту, навіть незначного, необхідно перевіряти справність роботи обладнання на налагодочних режимах і відповідно до передбаченої технології.

Включати автоматичну лінію дозволяється майстру чи наладчику, що обслуговує дану лінію. Перед включенням лінії необхідно провести її огляд, перевірити, чи немає на ній лишніх предметів, чи не знаходяться люди в робочій зоні, і подати звуковий сигнал.

На включеній автоматичній лінії забороняється проводити зміну інструменту, усувати поломки обладнання, переміщати чи усувати деталі або інші предмети.

Якщо на роботі по відладці лінії чи ліквідації несправностей на ній працює декілька чоловік, то вони повинні узгодити свої дії.

Забороняється усувати стружку від місця її утворення за межі автоматизованої лінії руками, доторкатись до рухомих частин станка, інструмента, деталей, що обробляються.

Якщо в процесі роботи та чи інша приспособлення, інструмент, що передбачений технологічною картою, є незручним, то використовувати інше приспособлення чи інструмент можна тільки після того як це питання буде узгоджене з майстром і технологом цеху і будуть внесені відповідні зміни в технологічну карту

5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях доробити

5.2.1 Вплив шуму на виробничу діяльність та методи захисту

Шум на виробництві -це набір звуків різної частоти та інтенсивності. Частина простору, в якому поширюються акустичні (звукові) хвилі, називається акустичним полем.

Акустичні хвилі поширюються в пружних середовищах — в газах, рідинах, твердих тілах.

Акустичні коливання, котрі лежать в діапазоні частот 16—20 000 Гц, сприймаються людиною з нормальним слухом. Акустичні коливання з частотою менше 16 Гц називаються інфразвуковими, а понад 20 кГц — ультразвуковими [29].

Людське вухо здатне сприймати та аналізувати звуки в широкому частотному діапазоні:

Порогове значення слуху молодої здорової людини — 0 дБ на частоті 1000 Гц. Поріг слухового відчуття на частоті 100 Гц вищий, тому що вухо людини менш чутливе до низькочастотних звуків. Больовий поріг — це звук з інтенсивністю 140 дБ, що відповідає звуковому тиску 200 Па та інтенсивності 100 Вт/м².

Прояв шумової патології поділяється на специфічні зміни, які настають в органі слуху і не специфічні, які виникають в інших органах і системах.

Шум, котрий є загальнобіологічним подразником, за певних умов може впливати на всі органи та системи організму і викликати фізіологічні зміни.

Впливаючи на організм як стрес-фактор, шум викликає зміни реактивності центральної нервової системи, наслідком чого стають розлади функцій органів та систем.

Основне значення в розвитку шумової патології має інтенсивність шуму, а також його часотний склад, тривалість щоденного впливу, індивідуальна чутливість.

У деяких людей суттєве ушкодження слуху може настати протягом перших місяців впливу, у інших зниження слуху розвивається протягом всього періоду роботи в шумних умовах поступово.

Зниження слуху на 10 дБ практично не відчувається, на 20 дБ — починає заважати, оскільки це пов'язано з порушенням здатності сприймати звукові сигнали. Опосередковано це може стати причиною нещасних випадків.

Неспецифічні зміни в органах та системах людини особливо проявляються при дії високочастотного шуму [29].

5.2.2 Вплив виробничої вібрації та методи захисту

Вібрація — це механічні коливання, котрі виникають в пружних тілах або в тілах, що знаходяться під впливом змінного фізичного поля.

Ступінь впливу вібрацій на організм людини зумовлюється величиною енергетичного впливу і біомеханічними властивостями тіла людини як складної коливної системи.

Вібрація справляє на людину наступні впливи: подразнювальний; зміщення органів; деформації тканин та клітин окремих органів.

Наслідками впливу вібрації є: зниження працездатності; порушення функцій центральної нервової системи; порушення функцій опорно-рухового апарату; порушення функцій статевих органів.

Низькочастотна вібрація впливає на процеси обміну: змінює вуглеводний обмін, біохімічні показники крові, що призводить до порушення білкового, ферментного, вітамінного та холестеринного обмінів.

Локальна вібрація впливає на осіб, котрі працюють з ручним механізованим інструментом.

Така вібрація зумовлює судоми судин, котрі починаються з пальців і поширюються на всю кисть, передпліччя.

5.2.3 Інженерний захист робітників і службовців об'єкта

Інженерний захист робітників і службовців об'єкта – це захист з використанням споруд і сховищі протирадіаційних укриттів (ПРУ).

Він досягається завчасним проведенням інженерних заходів по будівництву і обладнанню захисних споруд із врахуванням умов розміщення об'єкта і вимог “Строительних норм и правил” (СНиП).

Оцінка інженерного захисту робітників і службовців на об'єкті заключається у визначенні показників, які характеризують здатність інженерних споруд забезпечити надійний захист людей, що можливо при виконанні наступних основних умов:

- загальна вмістимість захисних споруд на об'єкті укрити (сховати) працюючий персонал;
 - захисні властивості захисних споруд відповідає певним нормам (забезпечують захист людей від надмірного тиску ударної хвилі і іонізуючих випромінювань, очікуваних на об'єкті при ядерному вибусі);
 - системи життєзабезпечення захисних споруд забезпечують життєдіяльність людей на протязі встановленого терміну неперервного перебування їх в захисних спорудах;
 - розміщення захисних споруд відносно місць роботи дозволяє людям сховатися по сигналу “Повітряна тривога” у встановлений термін.

На основі висновків намічаються заходи по підвищенню надійності захисту виробничого персоналу від зброї масового ураження (ЗМУ), а відповідно і по підвищенню стійкості роботи об'єкта в умовах війни.

5.2.4 Оцінка захисних споруд по вмістимості у споруді

1 Розрахуємо кількість місць для укриття людей M на площі, яка дана S_n , виходячи з норм встановлених на одну людину.

$S_1=0,5 \text{ м}^2/\text{люд.}$, при наявності двоярусних нар.

$$M=S_n/S_1 \quad (5.6)$$

де S_n – площа основних приміщень

- для сховищ №1-4 $M_{\text{сх}}=150/0.5=300$ (місць);

Знайдене розрахункове число місць у сховищах визначає їх місткість при умові, що об'єм приміщень в розрахунку на одну людину не менше $1,5 \text{ м}^3/\text{люд.}$

Перевіряємо відповідність об'єму нормам на одну людину:

$$V_1 = \frac{V_0}{M} = \frac{S_0 h}{M}; \quad (5.7)$$

- для сховищ

$$V_{\text{схов.}} = \frac{(150+36)2.2}{1.5} = 1.364 \text{ м}^3/\text{люд.};$$

таким чином місткість сховищ не відповідає розрахунковому числу місць.

Визначаємо максимальну кількість людей, яку здатне вмістити сховище:

$$M_{\text{розр.схов.}} = \frac{(150+36)2.2}{1.5} = 272.8; \quad (5.8)$$

приймаємо для сховища №1-4

$$M_{\text{розрахов}} = 272;$$

Таким чином місткість сховищ відповідає розрахунковій кількості місць $M=272$ люд.

2 Перевіряємо відповідність площі допоміжних приміщень.

Для сховищ місткістю до 600 людей без ДЕС і з регенерацією повітря норма площі допоміжних приміщень $0,15 \text{ м}^3/\text{люд}$.

Отже,

$$- \text{ для сховищ } S_{\text{доп}} = M_{\text{схов.}} \cdot 0,15 = 272 \cdot 0,15 = 40,8 \text{ м}^2 \quad (5.9)$$

Це недостатньо для такої кількості людей, тому перерахуємо кількість людей, яку здатне прийняти сховище:

$$M_{\text{схов}} = \frac{S_{\text{допом.}}}{0,15} = \frac{36}{0,15} = 240 \text{ люд.} \quad (5.10)$$

Приймаємо $M_{\text{схов.}} = 240$ люд.

3 Визначимо необхідну кількість нар для розміщення людей.

$N=2,4$ – висота приміщень (5 людей на одних нарах).

Для сховищ №1-4:

$$N_{1-4} = \frac{240}{5} = 48; \quad (5.11)$$

4 Визначимо коефіцієнт місткості $K_{\text{вм}}$, який характеризує здатність сховища по укриттю робітників і службовців об'єкту згідно формули:

$$K = M/N; \quad (5.12)$$

M - к-сть людей, що може прийняти сховище. N - загальна кількість на об'єкті:

$$K_{\text{вм}} = \frac{2 \cdot 240}{1150} = 0,83$$

1. Сховища можуть прийняти 83% робітників і службовців об'єкта.

2. Для розміщення людей в сховищах необхідно встановити кількість нар.

5.2.5 Оцінка сховищ по захисних властивостях

1 Визначаємо необхідні захисні властивості:

а) по ударній хвилі:

$$R_x = R_z - r_{\text{відх}}; \quad (5.13)$$

R_r – відхилення об'єкта від точки прицілювання.

$$R_x = 4 - 0,4 = 3,6 \text{ км.}$$

По додатку 1 [29] – $\Delta P_{\text{фмакс}} = 40$ кПа.

б) по іонізуючим випромінюванням визначаємо необхідний коефіцієнт ослаблення радіації за формулою:

$$K_{\text{осл.нотр}} = \frac{5P_1(t_H^{-0.2} - t_k^{-0.2})}{50}; \quad (5.14)$$

$P_1 = 15400$ при $R_x = 3.6$ км, а $V = 100$ км/год

$$t_H = 36/100 + t_{\text{вим}} = 36/100 + 1 = 1,036 \text{ год.};$$

$$t_k = t_H + 96 = 96 + 1 = 97 \text{ год.};$$

$$K_{\text{осл.нотр}} = \frac{5 * 15400 * (1^{-0.2} - 97^{-0.2})}{50} = 924;$$

2 Порівнюємо захисні властивості сховища з необхідними.

Для сховищ №1-4

$$\Delta P_{\text{ф.зах.}} = 150 \text{ кПа} > \Delta P_{\text{ф.макс.}} = 40 \text{ кПа};$$

$$K_{\text{осл.зах}} = 3000 > K_{\text{осл.необ.}} = 924;$$

3 Визначаємо показник, що характеризує інженерний захист.

$$K_{зг} = M_{зг} / N; \quad (5.15)$$

$M_{зг}$ – це кількість людей, яку здатні прийняти сховища;

$$K_{зг} = 4 * 240 / (75 + 535 + 220 + 165 + 155) = 0,83;$$

Висновок: сховища забезпечують захист 83% робітників і службовців об'єкту

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У даній роботі розроблено інформаційно-вимірювальну систему для визначення крутного моменту на базі тензометричного динамометра, який можна встроїти в функціонуюче типове обладнання при його модернізації чи ремонті. Для випробування різноманітних типів двигунів та енергетичних засобів з метою покращення конструкції, підвищення експлуатаційної надійності, зменшення теплових, механічних, електричних та інших втрат та збільшення, що передаються валом, який обертається.

Дана інформаційно-вимірювальна система використовується для засобів вимірювання крутного моменту, що викликано необхідністю визначати потужність енергетичних засобів, а також проводити експлуатаційні та ресурсні випробування мобільних силових агрегатів (двигунів тракторів, сільськогосподарських машин та інших транспортних засобів) для визначення сил опору навантаження в механізмах з вихідним валом, що обертається, та подібних завданнях і проблемах.

Похибки у вимірюванні опору тензорезистора є складовою похибки визначення крутного моменту. Отримані оцінки дозволяють відслідкувати вплив зовнішнього фактору (такого як температура) та точності виставлення параметрів системи (таких як еталонні опори в плечах вимірювального моста) на кінцевий результат – значення вимірюваного крутного моменту.

Важливим аспектом життєдіяльності є захист населення, об'єктів економіки і в цілому території від негативних наслідків надзвичайних ситуацій. Стихійні лиха та природні катаклізми, техногенні та антропогенні аварії і катастрофи, соціальні конфлікти призводять до значних людських жертв, наносять великі матеріальні збитки суспільству. БЖД у сфері надзвичайних ситуацій базується на концепції запобігання цим ситуаціям, адекватного реагування на них, ліквідації їх наслідків.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Справочник конструктора точного приборостроения / Г.А. Веркович, К.Н. Явленский. -Л.:Машиностроение,1989.-792 с.
- 2 Справочник материалов: Учебник для вузов / Под общей ред. Г.С. Писаренко. - К.:Вища школа,1979.-696 с.
- 3 Полищук Е.С. Измерительные преобразователи.-К.:Вища школа,1981.-296 с.
- 4 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т.Т.1.-М.:Машиностроение, 1980.-728 с.
- 5 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т.Т.2.-М.:Машиностроение, 1980.-559 с.
- 6 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т.Т.3.-М.:Машиностроение, 1980.-557 с.
- 7 Теория и проектирование контрольных автоматов. Учебное пособие для вузов / Л.Н. Воронцов, С.Ф.Корндорф, В.А. Трутень, А.В. Федотов.-М.:Высшая школа,1980.-560 с.
- 8 Технический контроль в машиностроении:Справочник проектировщика / Под общ. ред. В.Н. Чупырина, А.Д. Никифорова.- М.:Машиностроение, 1987.-512 с.
- 9 Технология технического контроля в машиностроении / Под ред. В.Н. Чупырина. -М.:Изд-во стандартов,1990.-400 с.
- 10 Измерение электрических и неэлектрических величин:Учебное пособие для вузов / Н.Н. Евтихийев,Я.А.Купершмидт,В. Ф.Папуловский, В.Н.Скугоров; Под общ. ред. Н.Н. Евтихьева. -М.: Энергоатомиздат, 1990.-352 с.
- 11 Електричні вимірювання електричних та неелектричних величин / Під ред. Е.С. Поліщука. -К.:Вища школа,1978.-352 с.
- 12 Лаврова А.Т. Элементы автоматических приборных устройств.-М.:Машиностроение,1975.-456 с.
- 13 Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы. -М.: Металлургия, 1988.-352 с.

- 14 Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Под ред. Э.Т. Романычевой. - М.: Радио и связь, 1989.- 448 с.
- 15 Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М. Мир, 1984. – 264 с.
- 16 Котов В.Е. Сети Петри. – М.: Наука, 1984. – 160 с.
- 17 Самофалов К.Г. Микропроцессоры.- К.:Техніка, 1988. 252 с.
- 18 В.І. Жабін, І.А. Жуков, В.В. Ткаченко І.А. Клименко Мікропроцесорні системи, -К.:НАУ, 2009.- 492 с.
- 19 Арифметичні та управляючі пристрої цифрових ЕОМ: Навчальний посібник/ В.І.Жабін, І.А.Жуков, І.А.Клименко, Стиренко С.Г. – К.: ВЕК+, 2008. – 176 с.
- 20 Бродин В.Б., Калинин А.В. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики– М.: Издательство ЭКОМ, 2002. – 400 с.
- 21 Дичка І.А., Жабін В.І., Тарасенко В.П. Проектування обчислювальних систем х мікропрограмним управлінням. – К.: НТУУ «КПІ», 2001. – 53 с.
22. AT89C51. The technical report. – Atmel Corporation, 2000. – http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc0265.pdf/.
- 22 ATmega8515. The technical report. – Atmel Corporation, 2006. – http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2512S.pdf
- 23 Методичні вказівки до виконання курсової роботи з “Організації, планування і управління приладобудівного виробництва та організаційно-економічної частини дипломних проектів конструкторського характеру”, м.Тернопіль, 1996.
- 24 Савицька Г.В. Економічний аналіз діяльності підприємства: навчальний посібник – К., 2004. – 256с.
- 25 Економіка підприємства, підручник, за ред. д.е.н., проф. С.Ф.Покопівного, Київ, 2000.- 634 с.
- 26 Мочерний С.В. Економічна теорія. К.: Академія. -1999.
- 27 Мочерний С.В. Основи економічної теорії. Тернопіль.: Тарникс. -1993.

28 В.Ф.Кобевник – ”Охрана труда” Москва, 1991г.

29 Цивільна оборона: підручник для вищих учбових закладів; Губський А.І. – К.: Міністерство освіти, 1995 – 216 с.

30 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. ГОСТ 12.0.003–74.

31 Жидецький В.І. «Основи охорони праці» -Львів: Афіша, 2000.-356с.

32 Основні вимоги до оформлення текстової і графічної частин дипломних і курсових проектів /А.В. Куцевич. ТДТУ,1998.-26с

ДОДАТКИ