

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

**Пристрій для вимірювання зусиль
в шарнірних з'єднаннях виробів
типу кронциркуль**

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РВс-41
спеціальності 175 Інформаційно-вимірювальні технології
(шифр і назва спеціальності)

Бояр І. Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник
(підпис) Наконечний Ю. І.
(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)

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

Факультет Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра 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 бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 175“Інформаційно-вимірювальні технології”
(шифр і назва спеціальності)

студенту Бояру Ігорю Руслановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Пристрій для вимірювання зусиль в шарнірних з'єднаннях виробів типу кронциркуль

Керівник роботи Наконечний Юрій Іванович, ст. викл. кафедри ПП
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 26 » травня 2026 року № 419-251

2. Термін подання студентом завершеної роботи 08.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Розробка пристрою для вимірювання, що вимірює зусилля в шарнірних з'єднаннях кронциркулів

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

Вступ

Аналітична частина

Конструкторсько-технологічна частина

Спеціальна частина

Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Висновки

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

Принцип вимірювання зусилля 1 арк. А1

Механізм піднімання-опускання 1 арк. А1

Механізм автоматичного регулювання зусилля 1 арк. А1

Схема кінематична пристрою 1 арк. А1

Складальне креслення 1 арк. А1

Структурна схема електронного блоку 1 арк. А1

Графік залежності сигналу з тензодатчика від навантаження 1 арк. А1

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ

ВСТУП

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз та дослідження теми

1.2 Вимоги до кронциркуля

1.3 Методи випробувань

1.4 Опис вибраного варіанту

2 КОНСТРУКТОРСЬКО – ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис роботи пристрою та його конструкції

2.2 Розрахунок перевірний передачі конічної

2.3 Розрахунок крутного найбільшого моменту, необхідного для зтягування кільцевого гвинта кронциркуля

2.4 Розрахунок перевірний для зубчастої циліндричної передачі

2.5 Розрахунок запобіжної муфти

2.6 Вибір двигунів

2.7 Розрахунок точності

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка схеми керування пристроєм

3.1.1. Системні вимоги до функцій та параметрів

3.1.2 Методи реалізації

3.1.3 Опис схеми керування

3.1.4 Вибір драйвера

3.1.5 Схема алгоритму роботи пристрою

3.2 Модель математична для сил навантаження, що діють по відношенню до балки тензометричної, на якій здійснюється вимірювання

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження є вимірювання зусиль в шарнірних з'єднаннях виробів типу кронциркуль.

Метою роботи є розробка пристрою для того, щоб вимірювати зусилля в шарнірних з'єднаннях.

В даній кваліфікаційній роботі бакалавра проведено аналіз методів та засобів вимірювання характеристик кронциркулів, розроблено конструкцію та принцип роботи вимірювального пристрою. розраховано параметри вузлів та механізмів, з яких складається даний пристрій. Також було описано математичну модель для сил навантаження, що діють по відношенню до балки тензOMETричної, на якій здійснюється вимірювання; проведено опис схеми керування та зроблено опис її складових елементів, зображено схему алгоритму роботи.

Ключові слова: КРОНЦИРКУЛЬ, КОНТРОЛЬ ЗУСИЛЬ, ТЕНЗОДАТЧИК, ШАРНІРНЕ З'ЄДНАННЯ, КОНІЧНА ПЕРЕДАЧА,

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Кронциркулем називають спеціальний прилад, що для вимірює інтервали, довжини, товщини, ширини, а також діаметри. За його допомогою отримують оцінку навіть деталі високої складності конфігурації з великою кількістю ступенів і виступів, надає можливість нанести на чорнові заготовки рисунок розмітки. Дані пристрої працюють разом зі штангенциркулем чи вимірювальною лінійкою та є допоміжними. Найширше їх використання фіксується у слюсарних в креслярських роботах. Деяку частину моделей використовують у медичній сфері - в нейрохірургії та стоматології.

Існує певний поділ вимірювальних кронциркулів на значні групи – як для внутрішніх вимірів, так і зовнішніх. Прилади для внутрішніх вимірів називають нутромірами. Прилад для зовнішніх вимірів складено з двох ніжок загнутого вигляду, вимірюваний об'єкт розташований між ними. Щоб отримати точніші результати, слід скористатися аналогами зовнішніми з фіксуючим гвинтом. Деякі моделі часто мають пружини для зручнішої роботи.

В міру розвитку технологій відбулося вдосконалення вимірювальних приладів типу кронциркуль. На даний час, існують не лише звичайні механічні кронциркулі, але і зустріти і електронні кронциркулі. Вони мають дисплей цифровий, на якому на екрані зображено набір даних про значення відстані між губками вимірювального пристрою. Таким способом можна досягнути можна зняття показників без того, щоб перенести на лінійку дані. Зазвичай кронциркуль цифровий працює за допомогою батарейки.

Цифрові кронциркулі поступаються звичайним механічним кронциркулям за зносостійкістю, хоч і є більш досконаліми. За умов правильної експлуатації звичайний кронцикуль, будучи зробленим зі сталі нержавіючої, має властивість служити практично у всіх випадках вимірювання. Найбільшою небезпекою для кронциркулів цифрових є прямий небажаний механічний вплив.

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз та дослідження теми

Існує кілька різновидів кронциркулів.

Види кронциркулів та ознака їх порівняння

1. За функціональністю – існують креслярські, які працюють для значень діаметрів вимірювання до 80 мм; розмічувальні, із розбиттям планів картографічних на окремі відрізки; та вимірювальні, призначені для того, щоб визначити діаметри та довжини виробів, та порівняти їх зі значеннями еталонними.

2. За принципом роботи – існують внутрішні та зовнішні.

3. За способом отримання бувають цифровими, із зображеннями розрахунків автоматично на екрані, та механічними, із ручним відображенням результатів

Останнім часом значного поширення набули цифрові апарати. Вони мають високу точність $\pm 0,05$ мм, що дозволяє вимірювати за їх допомогою параметри безззорних підшипників з досить високою точністю, використовуючи його в якості допоміжного вимірювального інструменту. Дані вимірювальні прилади зручні у використанні, мають безліч корисних функцій. Ніжки мають спеціальні датчики, які спрацьовують при контакті з об'єктом. За кілька секунд відбувається розрахунок даних, після чого результат виводиться на екран чи індикатор. Більшість автоматичних агрегатів є комбінованими, так як здатні визначати і внутрішні розміри, і зовнішні, оскільки оснащуються двома парами губок. Моделі з мікропроцесором дозволяють запам'ятовувати попередні результати, переводити значення з однієї вимірювальної системи в іншу, стежити за відхиленнями. На тлі багатьох переваг подібні кронциркулі все ж таки мають ряд недоліків:

- з пристроєм потрібно дбайливо поводитися, воно може вийти з ладу через падіння, вплив вологи або пилу;

- цифрові кронциркулі переважно працюють на батарейках, які

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розмірів кронциркуля може посилитися і відхилення.

Обираючи для роботи кронцикуль, необхідно врахувати

- розміри приладу та межі його вимірювань,
- функціональність залежно від того, заміри якого характеру будуть потрібні,

- матеріал виготовлення: ручні пристрої найчастіше виготовляються із загартованої сталі, корпус цифрових моделей зроблений з полімерів,

- необхідність у додаткових опціях.

Для більш точної фіксації отриманих розмірів, кронцикулі можуть бути додатково обладнані гвинтом, скобою та іншими пристроями. Дві вигнуті дужки вимірювального приладу з'єднуються шарніром. Порядок вимірювань: ніжки кронциркуля розсуваються таким чином, щоб вони торкалися поверхні об'єкта, що вимірюється, а для переміщення по ньому вимагалось деяке зусилля.

Розміри об'єкта визначаються шляхом порівняння з вимірювальною шкалою порівнюється відстань, на яку розведені ніжки приладу відстань, на яку розведені ніжки, вимірюється щтангенциркулем.

Діаметр номінальний частин змінних та інструментів у місцях, де з'єднання відбувається має становити або 3,5 мм, або 4,0 мм, враховуючи значення таких полів допусків:

- H10 / f 10 або H10/ h 10 для навчальних інструментів

- H9 / f9 або H9 / h9 – для технічних

- H8 / f8 або H8 / h8 - для прецизійних.

Основні показники технічні звичайних виробів визначають за допомогою їх типу, вимірювальним діапазоном і похибкою.

Показники кронцикулів повинні бути відповідними до значень, що вказані в даній таблиці

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Показники основних кронциркулів стандартних (для вимірювань внутрішніх та зовнішніх)

Показник	Значення для простих механічних моделей	Значення для прецизійних / важільних моделей
Тип вимірювань	Зовнішні (кронциркулі), внутрішні (нутроміри)	Зовнішні та внутрішні, пази, канавки (КРВ)
Номинальні діапазони вимірювань, мм	125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 1000	2-10 мм, 10-450 мм (згідно з ДСТУ 9244-75), та до 6000 мм (згідно з ДСТУ 10-88)
Точність / похибка вимірювань	$\approx \pm 0.5$ мм (залежить від точності притискання до лінійки)	від ± 0.003 мм до ± 0.01 мм (залежить від ціни поділки індикатора)
Номинальні діапазони вимірювань, мм	125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 1000	2-10 мм, 10-450 мм (згідно з ДСТУ 9244-75), та до 6000 мм (згідно з ДСТУ 10-88)
Точність / похибка вимірювань	$\approx \pm 0.5$ мм (залежить від точності притискання до лінійки)	від ± 0.003 мм до ± 0.01 мм (залежить від ціни поділки індикатора)

1.3 Методи випробувань

Нормальні значення зовнішніх факторів, що випробовуються, нормуються згідно з ДСТУ 15150.

Сили, що діють на них на стенді або спеціальному пристрої, необхідні для виведення їх зі стандартного положення, та їх відхилень допустимих. Похибка контролю не повинна перевищувати 15% від найбільшого значення для кожного значення певного діапазону. Перевірні вказані в технічному описі пристроїв заданого типу.

					<i>КРВ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зазор між краями голок при ніжках зведених вимірюється за допомогою набору щупів або заміром відстані між отворами між голками вимірюється за допомогою лупи вимірювальної згідно з ДСТУ 25706 з вимірювальною похибкою менше 0,1 мм.

Коловий діаметр перевіряється шляхом вимірювання діаметра найменшого за допомогою вимірювальної лупи згідно з ДСТУ 25706, а найбільшого діаметра - за допомогою металевої лінійки згідно з ДСТУ 427 зі значенням похибки найменшої. Вимірюють діаметр по лінії кола внутрішній.

Значення кута повороту короткої ніжки кронциркуля перевіряється за допомогою кутомірного приладу або шаблону згідно зі стандартом ДСТУ 5378, із похибкою відліку ± 15 хвилин.

Значення надійності перевіряються на стенді, спеціально обладнаному. Результати випробувань вважаються прийнятними, якщо після їх проведення жоден з досліджених кронцикулів не наближається до стану межі, зазначеного в пункті 4 існуючого стандарту.

Якість покриття захисного, що є декоративним, декоративного перевіряється згідно з вимогами до контролю якості вимогами стандарту ДСТУ 9.302, якість основного металу та покриття згідно зі стандартом ДСТУ 9.301.

Шорсткість поверхні складових листів перевіряється за допомогою зразків шорсткості поверхні згідно зі стандартом ДСТУ 9378.

Винахід стосується випробувального обладнання, переважно для перевірки допустимих зусиль у шарнірних з'єднаннях кронциркуля.

Наразі регулювання номінальних сил, що діють на кінці кронциркуля при знятті з фіксованого положення, здійснюється шляхом ручного підняття та опускання ніжок кронциркуля, вимірювання зусилля на шарнірі самими випробувальними або домашніми вагами, розміщення однієї ніжки на вантажній платформі та іншої вручну. Ці методи контролю є неточними через оціночну суб'єктивність та нестабільність точки та напрямку

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прикладання сили, а також нерівномірність висування ніжок кронциркуля.

1.4 Опис вибраного варіанту

Одним із головних технічних параметрів кронциркуля є значення зусиль в шарнірних з'єднаннях кронциркулів. Для їх визначення ми розробляємо вимірювальний пристрій відповідно до авторського свідоцтва АС 720321 – пристрій для контролю зусиль в шарнірах кронциркулів.

Метою розробки є підвищення точності випробування кронциркулів шляхом визначення номінальних зусиль, що накладаються до кінців ніжок при їх зведенні та розведенні.

Мета досягається тим, що запропонований пристрій має механізм фіксації однієї з ніжок, що складається з ложементу з виконаним в ньому пазом, притискної пластини і затискної головки, механізм, повороту вільної ніжки щодо зафіксованої, що складається з електродвигуна з редуктором і встановленого на його тихохідному валу коромисла, що має дві пари засобів для реєстрації зусиль, встановлений на напрямних і що складається з маятника, пов'язаної з ним перфорованої пластини з регульованими отворами, освітлювача та фотоелемента, розташованих по обидва боки перфорованої пластини, і з'єднаної з маятником пружної вилки, призначеної для контакту з вільною ніжкою.

Пристрій має механізм повороту вільної ніжки випробуваного кронциркуля, що містить електродвигун 1 з редуктором 2, на тихохідний вал якого насаджено коромисло 3, що має два паралельні напрямні 4 з упорами 5, виконаними, наприклад, у вигляді фотоелемента, для обмеження розсування ніжок кронциркуля. Механізм фіксації однієї з ніжок розташований на лицьовій стороні панелі 6 і складається зі змінного ложементу 7, що має паз за формою випробуваного кронциркуля, притискної пластини 8 і затискної головки 9, Засіб для реєстрації зусиль, розташований на напрямних 4 і містить маятник 10, встановлений з можливістю повороту. перфорованою пластиною 12, що має регулюєте отвори 13. Інший кінець маятника з'єднаний з підпружиненою вилкою 14,

					<i>КРБ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призначеної для контакту з вільною ніжкою кронциркуля. Освітлювач 15 і фотоелемент 16 встановлені по обидва боки перфорованої пластини 12. Чутливий елемент 17 встановлений з можливістю переміщення по напрямних за допомогою гвинта 18 і гайки 19 і містить корпус 20 з встановленим на ньому плоским пружним елементом 21, що закінчується звилкою 2 бік панелі 6. Чутливість пружного елемента 21 може регулюватися за допомогою скоби 23. На напрямних 4 закріплений прапорець 24, що перекриває освітлення фотоелементів 5, що обмежують кути розведення ніжок кронциркуля.

Пристрій працює в такий спосіб.

Чутливий елемент 17 з допомогою гайки 19 і гвинта 18 переміщують по напрямних 4 крайнє ліве положення (при контролі великих кронцикулів) або в крайнє праве положення (при контролі малих кронцикулів). Випробуваний кронцикуль однією ніжкою встановлюють в ложемент 7 і затискають в ньому за допомогою пластини 8 при повороті рукоятки затискної головки 9, а інший ніжкою - у вилку 22 чутливого елемента 17 і включають електродвигун 1. Коромисло 3 разом з напрямними 4 плоскою і чутливим елементом випробуваного кронциркуля, і розводять ніжки кронциркуля до спрацьовування одного з кінцевих фотоелементів 5. Зусилля в шарнірі, що виникає при розведенні ніжок, сприймається через вилку 22 пружним елементом 21, який згинається. Це відхилення через хвостовик 22 вилки передається на вилку 14 і відхиляє маятник 10.

За умов, відмінних від допустимих, перфорована пластина 12 змушує спрацювати один з фотоелементів 16, останній подає сигнал на світловий індикатор. Аналогічно відбувається контроль при зведенні ніжок кронциркуля, при цьому маятник відхиляється 10 в іншу сторону.

Пропонований пристрій дозволяє контролювати граничні значення зусиль у шарнірному з'єднанні великого та малого кронцикулів, а також у шарнірному з'єднанні короткої ніжки великого та малого кронцикулів та

					<i>КРБ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

подовжувача на всьому діапазоні розведення та зведення ніжок кронциркулів.

Формула винаходу

Пристрій для контролю зусиль у шарнірах кронциркулів, що відрізняється тим, що, з метою підвищення точності випробування кронциркулів шляхом визначення номінальних зусиль, прикладених до кінців ніжок при їх зведенні та розведенні, воно має механізм фіксації однієї з ніжок, що складається з ложементу з виконаним у ньому пазом, притискної пластини зафіксованою, що складається з електродвигуна з редуктором і встановленого на його тихохідному валу коромисла, що має дві паралельні напрямні з упорами для обмеження розсування ніжок циркуля, і засіб для реєстрації зусиль, встановлений на напрямних і складається з маятника, пов'язаної з ним перфорованої пластини з сторонам перфорованої пластини, і з'єднаної з маятником пружної вилки, призначеної для контакту з вільною ніжкою кронциркуля.

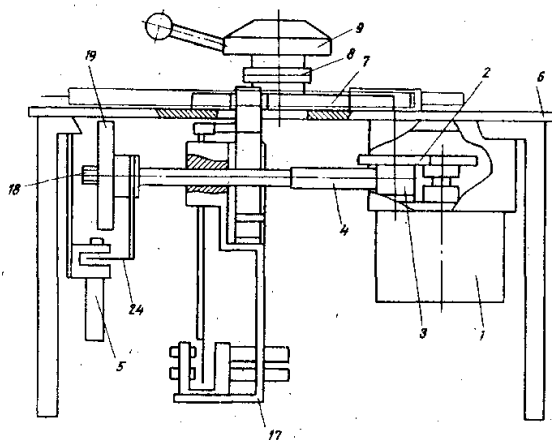


Рисунок 1.2 – Пристрій для контролю зусиль на шарнірах кронциркулів

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

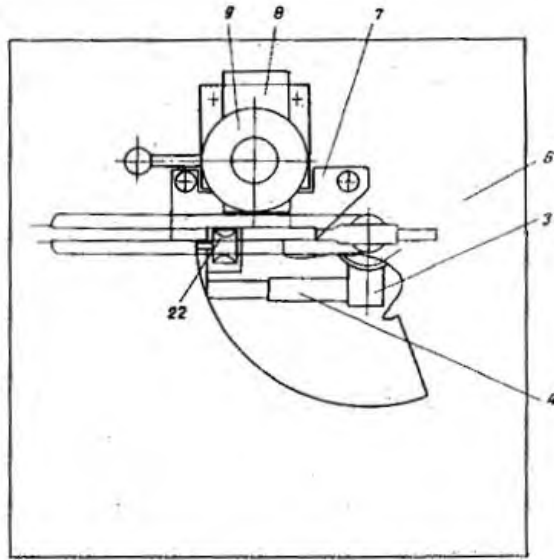


Рисунок 1.3 – Пристрій для контролю зусиль на шарнірах кронциркулів, вид зверху

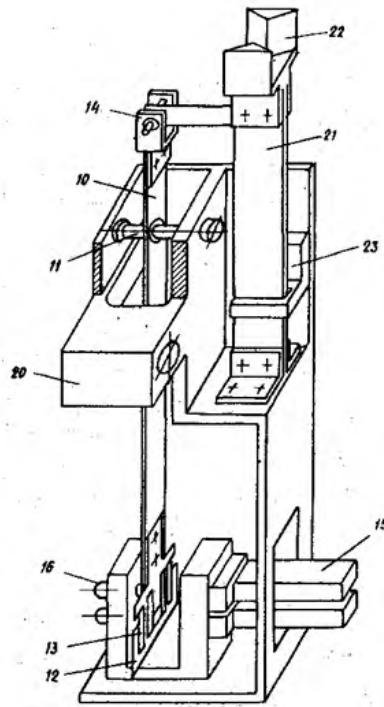


Рисунок 1.4 – Чутливий елемент пристрою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 085.00.00.000 ПЗ

Арк.

2 КОНСТРУКТОРСЬКО – ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис роботи пристрою та його конструкції

Пристрій для вимірювання зусиль, що діють на з'єднання шарнірні різних виробів (для прикладу, кронциркулі для креслення та різноманітних виробів, що є подібними до них) має три основні компоненти:

- блок вимірювальний для керування зусиллям, що діє на шарнірне з'єднання;
- механізм для підйому та опускання блоку вимірювального;
- механізм для регулювання автоматичного даного зусилля, що діє на шарнірне з'єднання.

Схема кінематична вимірювального блоку показана на рис. 2.1.

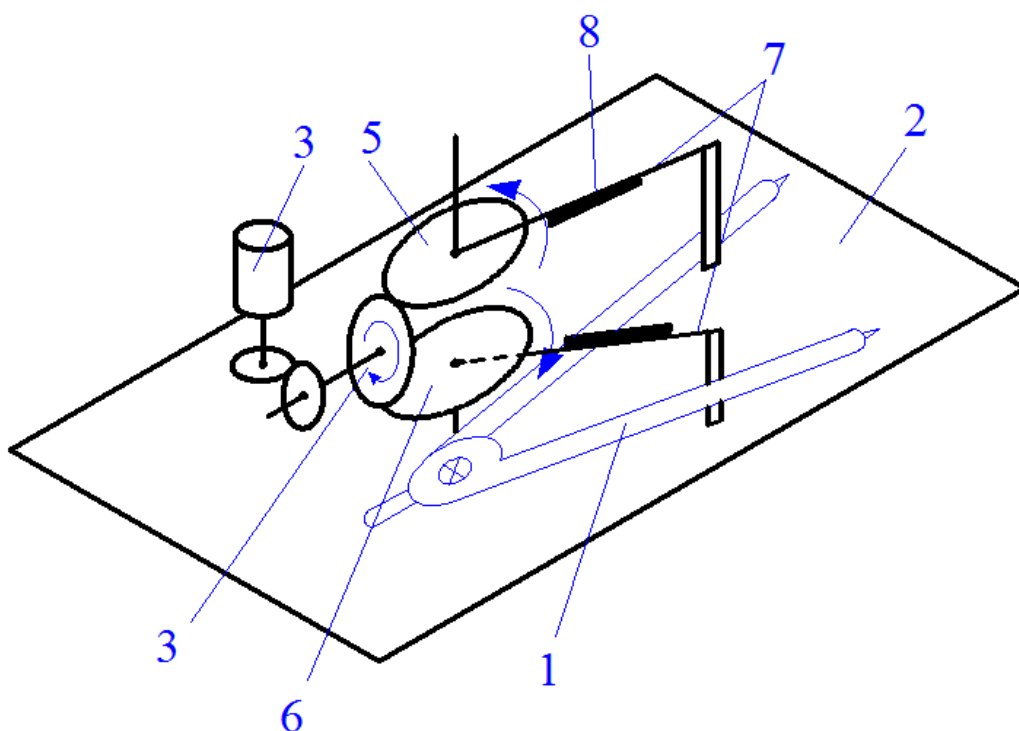


Рисунок 2.1 – Схема кінематики вузла, що вимірює значення зусиль

Даний виріб 1 із з'єднанням шарнірним (для прикладу, кронциркуль) спирається на опорну поверхню 2. Двигун кроковий 3 приводить у рух диференціал конічний через передачу конічну. Коли обертається конусна шестерня, то колеса конічні 5 і 6 обертаються одночасно в протилежних

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У такому разі кількість зубів буде Z_2

$$Z_2 = d_{e2} / m_e = 80 / 0,8 = 100$$

Таким чином, взявши задане значення кругового зовнішнього модуля і значення діаметру $d_{e2} = 80$ мм,

$$Z_2 = 100$$

Беручи до уваги найменш можливу кількість зубів у шестерні $Z_1 = 18 \dots 32$ і потреби задовольнити умови найбільшого передавального числа, беремо діаметри шестерні і конуси ділильні. Вважаємо $Z_1 = 18$, будемо мати $m_e = 0,8$

$$d_{e1} = Z_1 * m_e = 18 * 0,8 = 14,4 \text{ мм}$$

Беремо число передавальне

$$u = \frac{d_{e2}}{d_{e1}} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{100}{18} = 5,56$$

Беремо значення кутів конусів ділильних

$$\text{ctg } \delta_1 = u = 5,56 ; \quad \delta = 10^\circ 12$$

$$\delta_2 = 90 - \delta_1 = 79^\circ 48$$

Відстань конусна зовнішня буде

$$R_e = 0,5 m_e \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2} = 0,5 * 0,8 * \sqrt{100^2 + 18^2} = 40,6 \text{ мм}$$

Значення довжини зуба

$$b = \psi_{ba} * R_e$$

Якщо $\psi_{ba} = 0,35$.

Значення довжини зуба $b = 0,35 * 40,6 = 14,21$ мм

Припускаючи $b = 15$ мм

Діаметр зовнішній ділильний шестерні

$$d_{e1} = m_e * Z_1 = 18 * 0,8 = 14,4 \text{ мм}$$

					<i>КРБ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр середній ділительний шестерні

$$d_1 = z(R_e - 0,5b) \sin \delta_1 = Z (40,6 - 0,5 * 15) * \sin 10^{\circ} 12' = 11,72 \text{ мм}$$

Діаметр зовнішній шестерні колеса відповідно до лінії вершин зубів

$$\begin{aligned} d_{ae1} &= d_{e1} + 2 m_e \cos \delta_1 = \\ &= 14,4 + 2 * 0,8 * \cos 10^{\circ} 12' = 15,97 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{ae2} &= d_{e2} + 2 m_e \cos \delta_1 = \\ &= 80 + 2 * 0,8 * \cos 79^{\circ} 48' = 80,28 \text{ мм} \end{aligned}$$

Значення коефіцієнту ширини колеса відповідно до діаметра середнього

$$\psi_{bd} = \frac{b}{d_1} = \frac{15}{11,72} = 1,28$$

Круговий модуль середній

$$m = \frac{d_1}{z_1} = \frac{11,72}{18} = 0,65 \text{ мм}$$

Передача основна працює на невеликих куткових та кругових швидкостях, тому будемо мати 7-й ступінь точності, згідно з рекомендаціями ДСТУ 12289-76.

Для контролю напружень контактних, коефіцієнт навантажувальний визначимо наступним чином:

$$K_H = K_{H\beta} * K_{H\alpha} * K_{H\delta}$$

$\psi_{bd} = 1,28$, для розміщення коліс консольного та попередньо заданій твердості колеса $H_B < 350$, матимемо коефіцієнт, із врахуванням значення навантажувального розподілу по всій довжині даного зуба

$$K_{H\beta} = 1,23$$

Коефіцієнт, враховуючий навантаження динамічне на затискні шестерні між зубами, що є прямими

$$K_{H\alpha} = 1,0$$

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт, враховуючий навантажувальний розподіл між зубами, що є прямими

При значенні $\delta \leq 5 \text{ м/с}$

$$K_{H\delta} = 1,05$$

Отже

$$K_H = 1,23 * 1,01 * 0,5 = 1,3$$

Контактні напруження контролюються за такою формулою:

$$\sigma_H = \frac{3,35}{Re-0,5b} \sqrt{\frac{T_2 * K_H * \sqrt{(u^2+1)^2}}{b * u^2}} = \frac{3,35}{40,6-0,5*15} \sqrt{\frac{3,4*1,3*\sqrt{(5,56^2+1)^2}}{15*5,56^2}} =$$

=4,2 МПа відповідно.

Де

$$T_2 = \frac{T_{ц}}{\eta_1^2 * \eta_2} = \frac{3,2}{0,98^2 * 0,98} = 3,4 \text{ Нм} = 3,4 * 10^3 \text{ Нм}$$

$\eta_1 = 0,98$ ККД для шестерні конічної диференціала

$\eta_2 = 0,98$ ККД для ковзального підшипника

$T_{ц} = 3,2$ Нм – крутний момент, що діє на ніжки кронциркуля

Напруження контактне $\sigma_H = 4,2 * 10$ МПа

помітно менші за допустиме $[\sigma_H] = 485$ МПа

Напруження контактне, що допускається – твердість НВ 150 при класу сталі 45

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{HlimB} * K_{Hl}}{[S_H]} = \frac{360 * 1}{1,15} = 312 \text{ МПа}$$

Тут ми беремо

$$\sigma_{HlimB} = 2HB + 60 = 2 * 150 + 60 = 360 \text{ МПа}$$

Якщо вони працюють довший час, ми вживаємо запобіжних заходів згідно коефіцієнту безпеки:

$$[S_n] = 1,15$$

Ми визначаємо сили, що діють на контакт

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

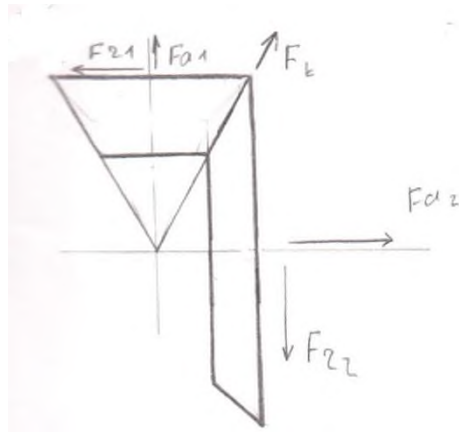


Рисунок 2.5 – Силова схема в передачі конічній

Сила колова

$$F_t = \frac{2T_2}{d_2} = \frac{2 \cdot 3.2}{80} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$$

Сила осьова, що діє на колесо, дорівнює радіальній силі колеса

$$F_{a1} = F_{r2} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \delta_1 = 8 \cdot 10^{-2} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ \cdot \sin 10^\circ 12' = 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$$

Сила радіальна, що діє на колесо, дорівнює осьовій силі колеса

$$F_{r1} = F_{a2} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \delta_1 = 8 \cdot 10^{-2} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ \cdot \cos 10^\circ 12' = 2,8 \cdot 10^{-2}$$

Навантажувальний коефіцієнт

$$K_F = K_{F\beta} \cdot K_{F\delta}$$

Контроль опору зубів для отримання значення витривалості при напруженнях

$$\sigma_F = \frac{F_t \cdot K_F \cdot \gamma_F}{Q_F \cdot b \cdot m} \leq [\sigma_F]$$

У конфігурації коліс консольного розміщення зі значенням $\psi_{ba} = 1,28$

для твердості НВ < 350, $K_{F\beta} = 1,38$

для твердості НВ < 350 зі значенням швидкості $v < 3,5$ м/с

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та класі точності 7

$$K_{F\delta} = 1,45$$

Значить, $K_F = K_{F\beta} * K_{F\delta} = 1,38 * 1,45 = 2$

$$K_F = K_{F\beta} * K_{F\delta} = 1,38 * 1,45 = 2$$

Для форми зуба обирається коефіцієнт на основі парної кількості зубів

Для колеса

$$Z_{\delta 2} = \frac{Z_2}{\cos \delta_2} = \frac{100}{\cos 79^\circ 48'} = 564$$

Для шестерні

$$Z_{\delta 1} = \frac{Z_1}{\cos \delta_1} = \frac{18}{\cos 10^\circ 12'} = 18,29$$

У даному випадку

$$Y_{F1} = 3,88 ; \quad Y_{F2} = 3,6$$

Контроль опору зубів для отримання значення витривалості при напруженнях на згині

$$[\sigma_F] = \sigma_{Flimb} = 1,5 \text{ HB}$$

Значення коефіцієнта для запасу міцності

$$[S_F] = [S_F]' * [S_F]''$$

Для коліс та шестерень

$$\sigma_{Flimb} = 1,5 * 150 = 225 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт $[S_F] = 1.75$ - за нормальних умов експлуатації

$[S_F]'' = 1$ - при заготовках суцільного типу

Отже

					<i>КРБ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[S_F] = 1,75 * 1 = 1,75$$

Співвідношення для шестерні

$$\frac{[\sigma_F]}{Y_{F1}} = \frac{128}{388} = 33$$

$$\frac{[\sigma_F]}{Y_{F2}} = \frac{128}{3,6} = 35,6$$

Напруження, що допускається під час розрахунку опору зубів

$$[\sigma_F] = \frac{225}{1,75} = 128 \text{ МПа}$$

Щоб розрахувати зуби шестерні, потрібно виконати інший розрахунок, оскільки отримане співвідношення є малим.

Слід перевірити на шестерні зуби

$$\sigma_{F1} = \frac{F_t * K_F * Y_F}{Q_F * b * m} = \frac{8 * 10^{-2} * 2 * 3,88}{0,85 * 15 * 10^{-2} * 0,65} = 75 \text{ МПа}$$

Коли $Q_F = 0,85$, це коефіцієнт, який враховує зменшення вантажопідйомності конічної шестерні порівняно з циліндричною.

Значить $\sigma_{F1} = 75 \text{ МПа} < [\sigma_{F1}] = 128 \text{ МПа}$

Таким чином, забезпечена міцність зубів.

2.3 Розрахунок крутного найбільшого моменту, необхідного для затягування кільцевого гвинта кронциркуля

Крутний момент найбільший, необхідний для затягування гвинта кронциркуля, визначають відповідно до діаметру гвинта. Для кронциркуля беруть різбовий гвинт М 2,5, де крок різьби $P = 0,45 \text{ мм}$, $d_1 = 2,013 \text{ мм}$; $d_2 = 2,208 \text{ мм}$; $d_3 = 1,948 \text{ мм}$.

Спочатку шукаємо осьове найбільше навантаження, що гвинтом витримується.

Для гвинтів сталевих при $[\sigma] = 50 \text{ МПа}$, сила затягування буде

					<i>КРБ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}}$$

де $f = 0,2$ – тертя згідно коефіцієнту, це сталь по сталі

$\alpha = 60^\circ$ - кут нахилу профільної різьби

Таким чином

$$\rho = \operatorname{arctg} \frac{0,2}{\cos \frac{60}{2}} = \operatorname{arctg} 0,23 = 13^\circ$$

Момент затягування

$$\begin{aligned} T &= F_\alpha * \frac{d_2}{2} \left[\operatorname{tg}(\lambda + \rho) + \frac{D * f}{d_2 * \cos \beta} \right] = 157 * \frac{2,208}{2} \left[\operatorname{tg}(3,7 + 13) + \frac{3,2 * 0,2}{2,208 * \cos 45^\circ} \right] \\ &= 123 \text{ Нм} \end{aligned}$$

Вважаючи, що значення для коефіцієнту запасу міцності буде $n = 1,5$, значить найбільш допустимий момент затягування

$$T_{\max} = \frac{T}{n} = \frac{123}{1,5} = 82 \text{ Н мм}$$

2.4 Розрахунок перевірки для зубчастої циліндричної передачі

Розрахункові дані:

крутний найбільший момент для колеса $T_2 = 82 \text{ Н мм}$

очікуваний геометричний діаметр та ширина колеса $v = 4 \text{ мм}$, $d_2 = 78 \text{ мм}$.

Візьмемо значення модуля $m = 0,5 \text{ мм}$, тоді кількість зубів на колесі зубчатому

$$Z_2 = \frac{d_2}{m} = \frac{78}{0,5} = 156$$

Візьмемо $M = 0,5$; $Z_2 = 156$

Через відсутність нарізання зубів використовуємо $Z_1 = 25$, в такому разі число передавальне колеса.

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{156}{25} = 6,24$$

Візьмемо $U = 6,3$

Значить $Z_2 = U * Z_1 = 6,3 * 25 = 157,5$

Візьмемо $Z_2 = 158$

Крутний момент колеса дорівнює крутному моменту затягуванню гвинта

$$T_2 = T_{max} = 82 \text{ Н мм}$$

Крутний момент, що діє на шестерню

$$T_1 = \frac{T_2}{d * \eta}$$

$\eta_1 = 0,99$ - ККД підшипникової пари

$\eta_2 = 0,97$ - ККД зубчатої передачі відкритого типу

$\eta_3 = 0,98$ - ККД підшипника кочення

$\eta = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3$ - ККД загальний

Таким чином, ККД загальний

$$\eta = 0,99 * 0,97 * 0,98 = 0,94$$

Крутний момент, що діє на закріплену на валу двигуна шестерню

$$T_1 = \frac{T_2}{u\eta} = \frac{82}{0,9*6,3} = 14,5 \text{ Нмм}$$

Для виробництва коліс зубчатих за основу беремо сталь 45, термічно оброблену покращену. Значення твердості буде НВ 200.

Напруження контактне, що допускається

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{нлімв}} * K_{\text{нл}}}{[S_n]}$$

$\sigma_{\text{нлімв}} = 2\text{НВ} + 60$ - межа контактного опору

$[S_n] = 1,1$ - коефіцієнт запасу міцності

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{Hl} = 1$ - за тривалих умов використання отримуємо наступний коефіцієнт довговічності:

$$\text{Значить } \sigma_{HlimB} = 2HB + 60 = 2 * 200 + 60 = 460 \text{ МПа}$$

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{HlimB} * K_{Hl}}{[S_H]} = \frac{460 * 1}{1.1} = 418 \text{ МПа}$$

Для консольного розташування коліс беремо коефіцієнт $K_{H\beta} = 1,25$.

Визначимо значення коефіцієнта ширини вінчика на відстані основи міжосьової.

Відстань від центру осей

$$a_{\omega} = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m(Z_1 + Z_2)}{2} = \frac{0,5(25 + 158)}{2} = 45,75 \text{ мм}$$

Для ширини $b = 4$ мм для колеса значення коефіцієнту ширини вінчика

$$\Psi_{bd} = \frac{b}{a_{\omega}} = \frac{4}{45,75} = 8,7 * 10^{-2}$$

Візьмемо $\Psi_{bd} = 1$

У такому разі

$$b = \Psi_{bd} * a_{\omega} = 4,5 \text{ мм}$$

Розміри головні зубчастого колеса і шестерні

Діаметри вершин

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 12,5 + 2 * 0,5 = 13,5$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 79 + 2 * 0,5 = 80$$

Ділильні діаметри

$$d_1 = m * Z_1 = 0,5 * 25 = 12,5 \text{ мм}$$

$$d_2 = m * Z_2 = 0,5 * 158 = 79 \text{ мм}$$

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Візьмемо значення ширини шестерні як $b_1 = 10$ мм.

Беремо навантажувальний коефіцієнт:

$$K_H = K_{H\beta} * K_{H\alpha} * K_{H\delta}$$

Значення $K_{H\beta} = 1,15$ для твердості $HВ < 350$ та асиметричного розташування коліс.

$K_{H\alpha} = 1,08$ до швидкості 3 м/с та класу точності 8.

$K_{H\delta} = 1$

Тоді $K_H = 1,15 * 1,08 * 1 = 1,24$

Будемо проводити визначення для напружень контактних.

Дане значення буде менше за значення $[\sigma] = 418$ МПа, що допускається

Отже, залежно від стану контактної сили, забезпечується стійкість зубів

Кругове $F_t = \frac{2T_2}{d_2} = \frac{2 * 82}{79} = 2,1$ Н

Радіальна $F_r = F_t * \operatorname{tg} \alpha = 2,1 * \operatorname{tg} 20^\circ = 0,75$ Н

Перевіряємо опір зубів у напрямках згину на витривалість

$$\sigma_F = \frac{F_t * K_f * Y_F * Y_\beta * K_{F\alpha}}{b * m_n} \leq [\sigma_F]$$

Таким чином, навантажувальний коефіцієнт буде

$$K_F = K_{F\beta} * K_{F\delta} \text{ , при } HВ < 350$$

Асиметричне розташування коліс зубчатих по відношенню до опорних елементів

$$K_{F\beta} = 1,33 \text{ і } K_{F\delta} = 1,3$$

Отже,

$$K_F = 1,33 * 1,3 = 1,73$$

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Y_F – враховуючий форму зубів коефіцієнт, а також залежність від парної кількості зубів

При значенні колеса $Z_2 = 158 - Y_{F2} = 3,6$

При значенні шестерні $Z_1 = 25 - Y_{F1} = 3,84, .$

Напруження, що допускається, визначається наступною формулою:

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma^{o}Flim_B}{[S_F]}$$

Для певної якості, термічна обробка – гартування, при сталі 45

$$\sigma^{o}Flim_B = 1,8 * HB = 1,8 * 200 = 360 \text{ МПа}$$

$$[S_F] = [S_F]' * [S_F]''$$

$$[S_F]' = 1,75$$

$$[S_F]'' = 1, \text{ отже } [S_F] = 1,75 * 1 = 1,75$$

Напруження допустимі

$$[\sigma_F] = \frac{360}{1,75} = 206 \text{ МПа}$$

Обираємо $\frac{[\sigma_F]}{Y_F}$

Для колеса співвідношення $\frac{206}{3,6} = 57,2$

для шестерні співвідношення становить $\frac{206}{3,84} = 53,6$

Наступний розрахунок виконується у шестерні для зубців, для яких визначається співвідношення кільця. Коефіцієнти Y_F та $K_{F\alpha}$ будемо визначати так

$Y_F = 1$ — для передачі із зубами прямими

$$K_{F\alpha} = \frac{4 + (E_{\alpha} - 1)(n - 5)}{4E_{\alpha}}$$

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$E_{\alpha} = 1,5$ для значень середніх коефіцієнта зчеплення торцевого

$K_{F\alpha} = 0,92$

Зуб розглядають згідно такої формули:

$$\sigma_F = \frac{F_t \cdot K_f \cdot Y_F \cdot Y_{\beta} \cdot K_{F\alpha}}{b_2 \cdot m} \leq [\sigma_F]$$

$$\sigma_F = 57 \text{ МПа} < [\sigma_F] = 206 \text{ МПа}$$

Таким чином, на вигин виконується умова міцності зуба.

2.5 Розрахунок запобіжної муфти

Призначення запобіжної муфти полягає в обмеженні моменту крутного першого регулюючого механізму в ніжках циркуля. Найбільший крутний момент спрацювання муфти дорівнює крутному моменту гвинта $M = 82 \text{ Н мм}$.

2 диски – шайби, між якими знаходиться колесо запобіжне, формують конструкцію муфти.

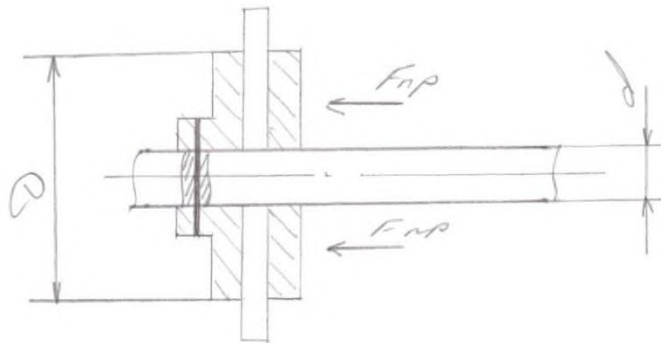


Рисунок 2.7 - Схема розрахунку запобіжної муфти фрикційної

З двох дисків у муфті може рухатися лише один, тому ця муфта має поверхню ковзання.

Зводимо розрахунок до обчислення сил, потрібних для пружин F_{np} , з якими відбувається стиск шайбових дисків. Рахуємо, що між шайбою та колесом зубчатим коефіцієнт тертя буде при $f = 0,15$ сталь по сталі

Згідно наступного виразу рахуємо на муфті момент тертя:

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_f = \frac{FD_{cp}}{2} = \frac{Z * f * Q * D_{cp}}{2}$$

де Z - кількість пар для тертя поверхонь. $Z = 1$.

$Q = F_{пр}$ — сила стиску дисків

D_{cp} - діаметр середній для поверхні зубчастої на дисках

$$D_{cp} = \frac{D+d}{2}$$

На основі креслення складального будемо рахувати значення $D = 30$ мм; $d = 15$ мм

Значення $D_{cp} = 22,5$ мм

Необхідна міцність робочої поверхні на стиск

$$F_{пр} = \frac{2M}{Z * f * D_{cp}} = \frac{2 * 82}{1 * 0,15 * 22,5} = 48,5 \text{ Н}$$

Окрім того, робочі поверхні слід перевірити на напруження контактні, що допускаються

$$P = \frac{Q}{S} = \frac{F_{пр}}{S}$$

$$S = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{3,14(30^2 - 15^2)}{4} = 530 \text{ мм}^2$$

$$P = \frac{F_{пр}}{S} = \frac{48,5}{530} = 9,1 * 10^{-2} \text{ Н/мм}^2 = 9,1 * 10^{-2} \text{ МПа}$$

Це одне з допустимих напружень у сталі

$$[p] = 0,2 \dots 0,3 \text{ МПа}$$

2.6 Вибір двигунів

Двигуни обирають для роботи механізму, що закручує гвинт. Початковим значенням є момент крутний, що діє на вал двигуна. Відповідно до розрахунків початкових $T_1 = 14,5$ Н мм.

Ми обрали кроковий двигун ДШП - 20 - 15, з такими характеристиками:

Частота найбільша - 1400 об/хв

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напруга = 27 В

Кут повороту $u = 15^\circ$

Кількість фаз - чотири

Частота номінальна 1000 об/хв

Момент пусковий $M_{\text{пуск}} = 20 \text{ Н мм}$

Момент замикання Крутний $M_{\text{ут}} = 12 \text{ Н мм}$

Беручи до уваги інтеграції конструкції, двигун приводного механізму обертання ніжок циркуля вважається однаковим із попереднім.

Найбільша швидкість гвинтового закручування встановлена

$$n_{\text{ГВ}} = 60 \text{ об / хв.} = 1 \text{ об / с}$$

Обертальна частота на валу двигуна

$$n_{\text{ДВ}} = n_{\text{ГВ}} * u = 1 * 6,3 = 6,3 \text{ об / с}$$

Ротор двигуна робить k кроків за оберт

$$K = \frac{360}{\alpha} = \frac{360}{15} = 24$$

Струм керуючого імпульсу

$$F = k * n_{\text{ДВ}} = 24 * 6,3 = 151,2 \text{ Гц}$$

2.7 Розрахунок точності

Під час вимірювання сили датчиків похибка визначення крутного моменту встановлюється в межах $1 \pm 0,2\%$ для індивідуальних калібрувань та в межах 5% для серійного виробництва.

Коефіцієнт похибки та похибка, спричинена вібрацією, визначаються конкретними умовами експлуатації та використанням обладнання для обробки сигналів.

У пристрої використовується датчик тензорезистивний типу 2 ППКП — 10 150, який має такі характеристики.

Цоколь — 10 мм

Опір номінальний $R = 150 \text{ Ом}$

					<i>КРБ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Категорія чутливості перша $K_T = 1,9...2,2$

Повзучість $\lambda < 0,5\%/год$

Деформація гранична $E_{max} = \pm 1,0\%$.

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Проектування схеми керування пристроєм

3.1.1. Системні вимоги до функцій та параметрів

Під час вимірювання зусиль в шарнірних з'єднаннях виробів типу кронциркуль важливо визначити зміни навантаження та опір пристрою. Час зберігання та відображення даних не повинен перевищувати п'яти мілісекунд. Робоча температура повинна бути в межах $+10...+35^{\circ}C$, відносна вологість - в межах від 50 до 80%. Вимірювальна система потребує джерела живлення зі змінною напругою. Отримані результати вимірювань повинні відображатися на моніторі персонального комп'ютера. Значення навантажень та кількість циклів повинні бути відображені графічно. Таким чином, визначається спеціальний процес збору даних.

3.1.2 Методи реалізації

Існує багато способів реалізації функцій схеми, включаючи апаратні методи. Хоча апаратний метод є найнадійнішим та найшвидшим, він також є більш складним та заплутаним. Також можливий інтегрований підхід, що поєднує апаратні та програмні компоненти, такі як мікропроцесори. Останнім часом були розроблені мікропроцесори, до яких підключаються периферійні пристрої, такі як вхідні та вихідні порти, комутаційні пристрої та багатофункціональні перемикачі.

3.1.3 Опис схеми керування

Схема структурна електронного блоку керування показана на рисунку 3.12, вона складається з елементів наступних згідно порядку:

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

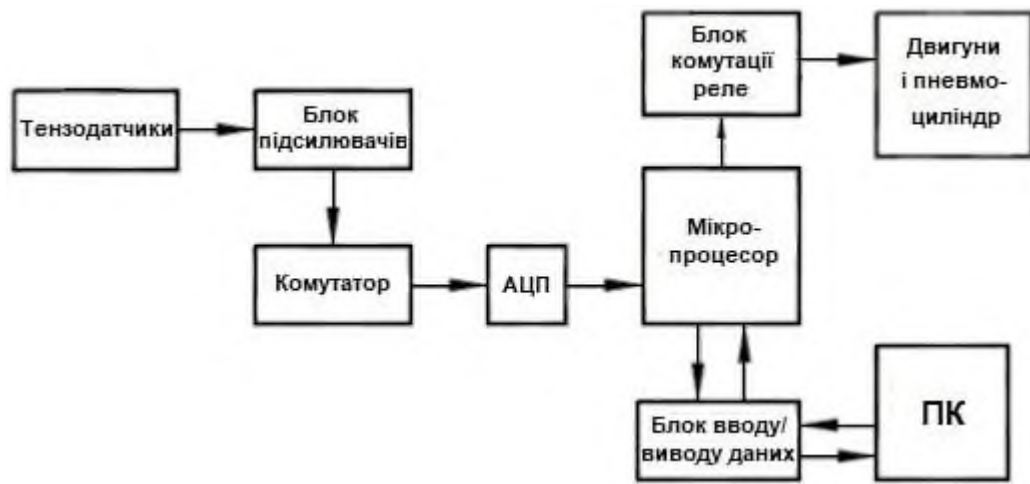


Рисунок 3.1 – Структурна схема електронного блоку

- 1 Давачі
- 2 Блок підсилювачів
- 3 АЦП.
- 4 Мікроконтролер.
- 5 Комутаційний блок
- 6 Електромагніт та двигуни
- 7 Блок вводу і виводу даних
- 8 Комп'ютер персональний.

Інтегрується даний модуль USB-трансивера з регулятором напруги 3,3 В і контролером послідовного інтерфейсу (SIE) з системою цифровою ФАПЧ для того, щоб 48 синтезувати частоту МГц. Модуль USB володіє логікою USB виявлення подій (скидання і відновлення чи призупинення), EP0 - точку керування кінцеву і точок кінцевих шість із призначенням загальним (EP1/EP2/EP3/EP4/EP5/EP6) що містять буфери FIFO. AT89C5130A-M та AT89C5131A-M включають увесь набір функцій мікроконтролера Atmel 80C52, інтегруючи флеш-пам'ять з ємністю розширеною (16/32 КБ), два лічильники/таймери на 16 біт (T0/T1), систему переривань з пріоритетами чотирма, оперативної пам'яті розміром 256 байт, розширений UART з повним дуплексом (EUSART), а також генератор. Крім того, AT89C5130A-M та AT89C5131A-M володіють 1024 байтами розширюваної пам'яті оперативної (ERAM), що розширюється, два

					<i>КРБ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

показчики даних, таймер на 16 біт (T2) реверсивний, масив лічильників (PCA) програмований, до чотирьох джерел живлення програмованих світлодіодних, програмований таймер сторожовий апаратний і схему скидання у разі ввімкненні живлення. AT89C5130A-M та AT89C5131A-M мають два режими низького енергоспоживання, програмно керовані, щоб зменшити енергоспоживання. зупиняється процесор в режимі очікування, тоді як послідовні порти, система переривань, і таймери працюють далі. У режимі вимкнення відбувається збереження вмісту пам'яті оперативної і відбувається зупинка синхронної роботи пристроїв периферійних, слідом за тим робота поновлюється відповідно до зовнішніх або внутрішніх впливів.

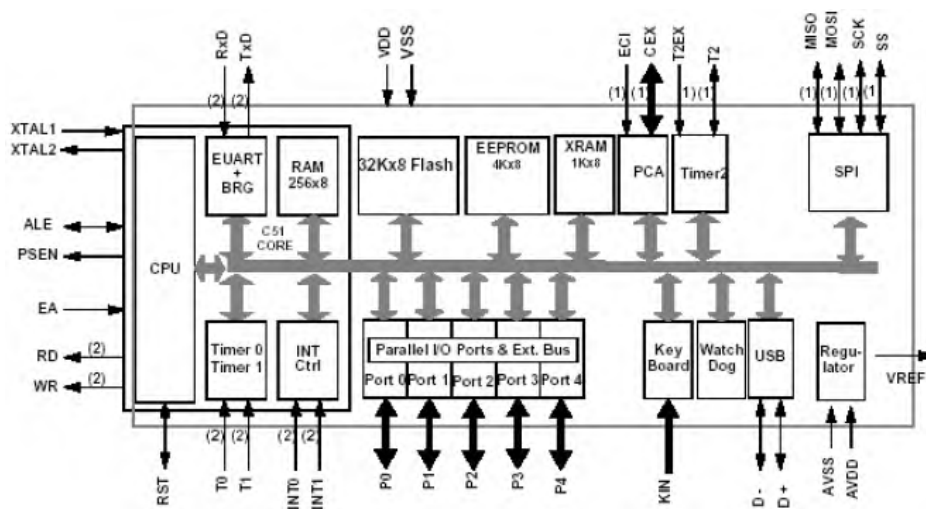


Рисунок 3.2 – Блок - схема AT89C5131

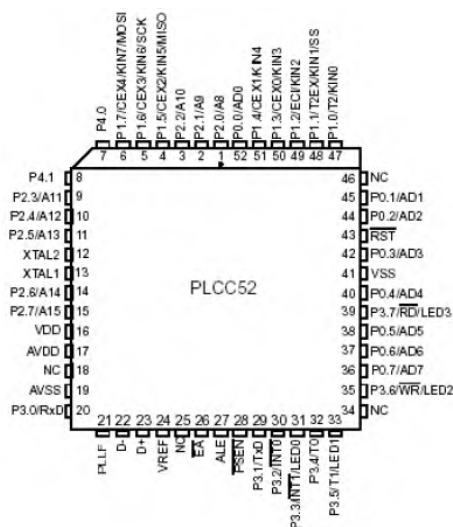


Рисунок 3.3 – Призначення виводів AT89C5131

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 085.00.00.000 ПЗ				

Керуючі сигнали, що генеруються центральним процесором, надсилаються до драйвера керування через порт мікроконтролера, а драйвер генерує команди для керування виконавчим механізмом.

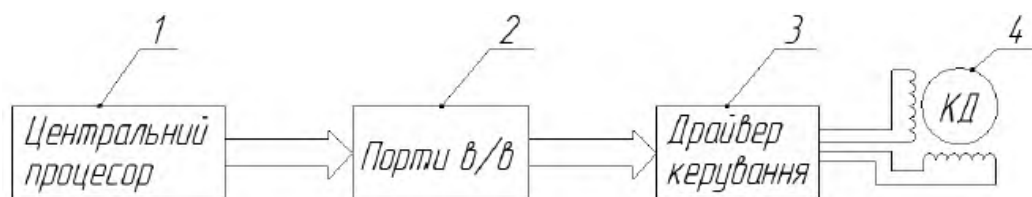


Рисунок 3.4 - Схема функціональна керування двигуном кроковим

Усі інші пристрої керування підключені до мікроконтролера.

У розробленому нами пристрої ми використовували двигун кроковий DSH-20-15. Сучасні двигуни крокові є переважно синхронними, а ротор не має окремої обмотки для пуску, тому стартує не асинхронно, а частотно.

3.1.4 Вибір драйвера

Простий та невеличкий драйвер добре підходить для крокового двигуна **ДШП-20-15**, так як цей двигун має малий струм для роботи та постійну потужність.

Так як AT89C5131A-M працює на рівні логічному зі значенням 5 В (або в режимі перемикання з низьким рівнем живлення 3,3 В), даний драйвер повинен бути легко підключений до нього, якщо немає інших перетворювачів рівнів.

Згідно з інформацією про двигун кроковий, для налаштування та програмування драйвера необхідно використовувати інтелектуальний спеціальний драйвер A4988.

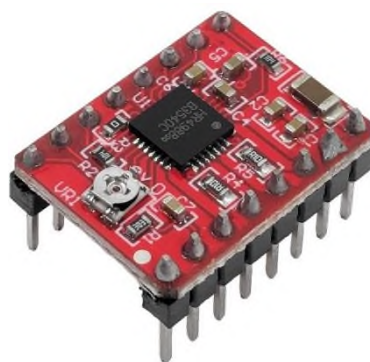


Рисунок 3.5 – Драйвер A4988

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Характеристики драйвера

Напруга живлення (силова частина)	від 8 до 35 В
Напруга живлення (логічна частина):	від 3 до 5.5 В
Максимальний вихідний струм на фазу	до 1 А без радіатора і до 2 А з хорошим охолодженням (радіатором).
Режими мікрокроку:	повний крок, 1/2, 1/4, 1/8 та 1/16.

Ця серія двигунів зазвичай біполярна (або уніполярна, яку можна легко перетворити на біполярну за допомогою чотирьох проводів). Драйвер дозволяє встановлювати максимальну апаратну частоту за допомогою вбудованого джерела живлення (з підлаштуванням), що захищає ДШП-20-15 від пошкодження при перегріві.

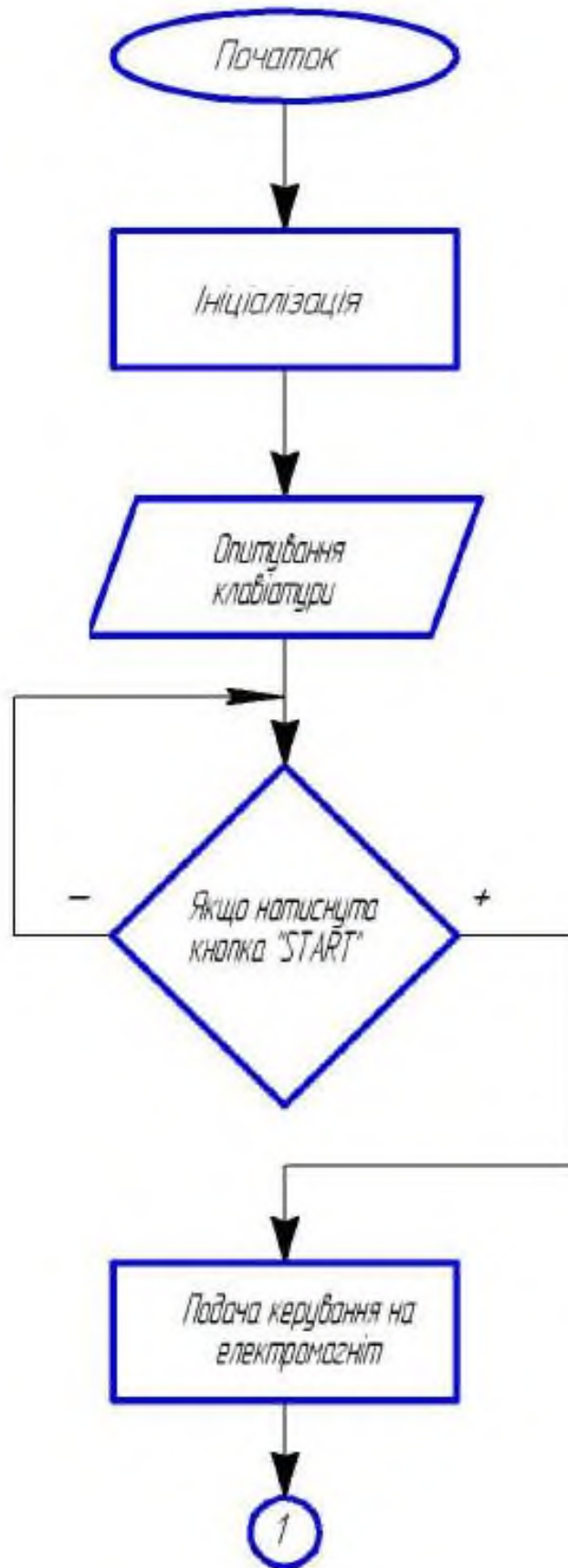
Потрібно лише два виводи - DIR (напрямок) і STEP (крок). Написання коду зведеться до створення прямокутних звичайних імпульсів за допомогою таймера МК, що значно економить флеш-пам'ять і оперативну пам'ять, що використовуються у архітектурі 8051.

Для успішного підключення до AT89C5131A-M не потрібно подавати живлення шину живлення VCC (5V). драйвера або на його силові виводи. Для даної логіки використовується 5V, а для обмоток двигуна (які повинні здійснювати силовий вхід на драйвер VMOT або V+) двигун повинен забезпечувати певну потужність (зазвичай від 5V до 12V).

Заземлення AT89C5131A-M (GND) та заземлення живлення двигуна повинні бути підключені на платі драйвера. Без узгодженого інтерфейсу цифрові керуючі сигнали просто неможливо розпізнати. Підтягуючі зовнішні резистори з портом P0 (з відкритим стоком) необхідно розмістити під шиною +5 В, щоб драйвер міг їх чітко бачити. Порти P1, P2 та P3 не потребують їх, оскільки між ними є внутрішні підтягуючі резистори.

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.5 Схема алгоритму роботи пристрою



					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 085.00.00.000 ПЗ

Арк.



3.2 Модель математична для сил навантаження, що діють по відношенню до балки тензOMETричної, на якій здійснюється вимірювання

У даному розділі ми проводимо математичне моделювання для сил навантаження, які діють на вимірювальний елемент - балку тензOMETричну, під час процесу вимірювання.

Сила P діє на незатиснутий кінець 2 балки тензOMETричної, на якому є два резистора тензOMETричних 3, відстань дорівнює x_1 . Один резистор тензOMETричний зношується при стиску, інший при розтягненні.

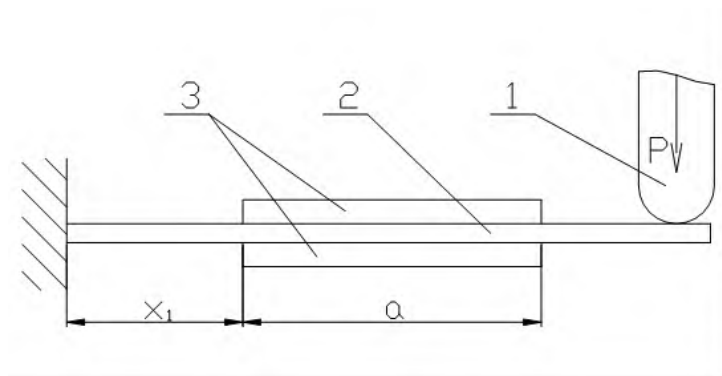


Рисунок 3.6 – Робоча схема для балки тензOMETричної

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

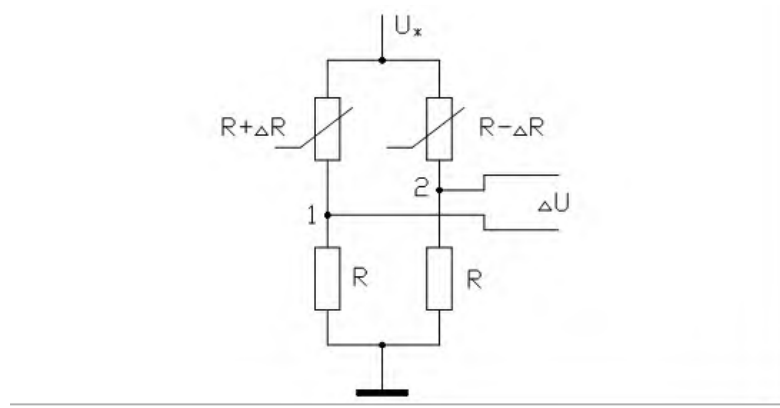


Рисунок 3.7 – Резистори тензометричні (схема робоча)

Як показано на рисунку, схема моста складається з двох компонентів - , резистора тензометричних з однаковою напругою, заживлених як $U_{ж}$. Напруга виходу короткого моста тензометричного становитиме:

$$\Delta U = U_2 - U_1,$$

де U_2 і U_1 – значення загальне напруг у місцях 1 та 2 схеми короткого моста по відношенню до шини живлення загальної.

За наступною формулою отримуємо значення напруг:

$$U_1 = \frac{R}{R + R + \Delta R} \cdot U_{ж}$$

$$U_2 = \frac{R}{R + R - \Delta R} \cdot U_{ж}$$

Результуюча напруга вихідна дорівнює:

$$\Delta U = \left(\frac{R}{R + R - \Delta R} - \frac{R}{R + R + \Delta R} \right) \cdot U_{ж} = \frac{2R^2 + \Delta R \cdot R - 2R^2 + \Delta R \cdot R}{(2R + \Delta R)(2R - \Delta R)} \cdot U_{ж} = \frac{2\Delta R \cdot R}{4R^2 - \Delta R^2} \cdot U_{ж}$$

Зміна значення для опору резистора тензометричного ΔR під час процесу зміни форми Δl може бути виражена наступним співвідношенням:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta a}{a}$$

Тут ΔR – значення, на яке міняється опір резистора тензометричного під час дії на балку тензометричну.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КРБ 085.00.00.000 ПЗ

Δa – фактична зміна форми резистора тензOMETричного,
 R – значення опору резистора тензOMETричного (номінальне),
 a – значення довжини резистора тензOMETричного .

В такому разі, напруга виходу для цього датчика виражається як:

$$\Delta U = \frac{2\Delta a \cdot a}{4a^2 - \Delta a^2} \cdot U_{ж}$$

Максимально досяжна зміна форми резистора тензOMETричного спостерігається для спостережуваних коефіцієнтів (наприклад, при $a=20$ мм, $\Delta a=0,1$ мм, і аналогічно $\Delta a^2=0,01 \ll 4a^2=1600$). За відсутності практичних суттєвих похибок, ці значення можна не враховувати в подальших розрахунках. Отже, будемо мати:

$$\Delta U = \frac{2\Delta a \cdot a}{4a^2 - \Delta a^2} \cdot U_{ж} \approx \frac{2\Delta a \cdot a}{4a^2} \cdot U_{ж} = \frac{\Delta a}{2a} \cdot U_{ж}$$

Зміну форми резистора тензOMETричного Δa ми знаходимо відповідно до даної формули:

$$\Delta a = \int_{x_1}^{x_1+a} \frac{h}{2} \varphi(x) dx$$

де h – значення товщини балки тензOMETричної, на якій є резистори тензOMETричні;

x_1 - розташування резистора тензOMETричного по відношенню до закритого кінця балки;

$\varphi(x)$ - значення кута на який нахилиється балка, за координатою x , рисунок 3.

Зробимо огляд зміни форми при вигині балки. Під впливом сили, що діє на критичну площину інерції (xOy), вісь труби згинається до цієї площини, а поперечні перерізи балки тензOMETричної змінюють форму, і відбувається відповідна зміна положення. Оскільки балка деформована

незначно, беремо до уваги $tg \varphi \approx \varphi$, і теж $tg \varphi = \frac{dy}{dx}$ тому тут буде $\varphi(x) \approx \frac{dy(x)}{dx}$.

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опір матеріалів наступним чином визначався:

$$\frac{1}{\rho(x)} = \frac{M(x)}{I(x)}$$

де – значення кривизни для осі тензOMETричної балки, у точці x ;

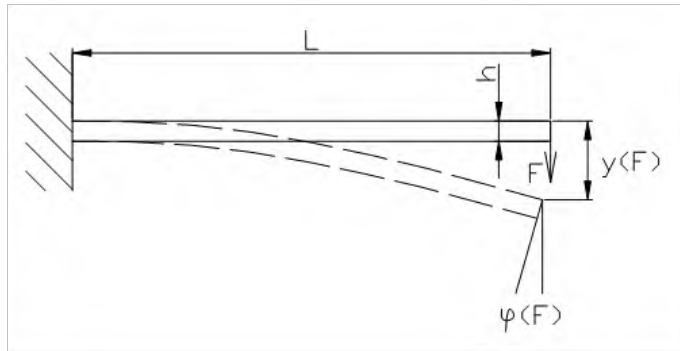


Рисунок 3.8. – Схема зміни форм для балки тензOMETричної.

$M(x)$ – значення моменту крутного для січення x ;

E - модуль стиску матеріалу балки тензOMETричної;

$I(x)$ – значення інерційного моменту балки тензOMETричної по осі x .

Ми вивчили наступне рівняння математичне:

$$\frac{1}{\rho(x)} = \frac{\frac{d^2 y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}$$

Поєднуючи два попередні твердження, отримуємо:

$$\frac{M(x)}{EI(x)} = \frac{\frac{d^2 y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}$$

Це рівняння є рівнянням осі балки тензOMETричної, що зазнала зміни форми. Рівняння є сумою двох частин:

$$1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = 1 + tg^2 \varphi$$

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У випадках невеликої зміни форми значення першої частини більше за другу (для прикладу, $\varphi = 1^\circ$, $\text{tg}\varphi \approx 0,02$, а $\text{tg}^2\varphi = 0,0004 \ll 1$). З практичних міркувань цими значеннями можна знехтувати, розраховуючи далі без значної похибки. Таким чином, будемо мати:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI(x)}$$

У точці x момент крутний можна розглядати як функцію сили зовнішньої:

$$M(x) = P(l - x)$$

Вставивши дане рівняння у те рівняння, що було перед тим, матимемо:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{Pl}{EI(x)} - \frac{Px}{EI(x)}$$

Провівши інтегрування цих рівнянь, будемо мати наступне:

$$\varphi(x) = \frac{Plx}{EI(x)} - \frac{Px^2}{2EI(x)} + A$$

Обчислюємо постійне значення A з напруженості поля:

за умов значення: $\varphi = 0$, $x = 0$ і тоді буде $A = 0$.

Таким чином, отримуємо рівняння остаточне для кута, на який зміщується балка тензометрична:

$$\varphi(x) = \frac{Px}{2EI(x)}(2l - x)$$

Беручи до уваги значення перерізу балки тензометричної, отримуємо наступне рівняння:

$$\varphi(x) = \frac{6Px}{Ebh^3}(2l - x) = \frac{6P}{Ebh^3}(2lx - x^2)$$

де h – значення товщини балки тензометричної,

					<i>КРБ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

b – значення ширини балки тензометричної.

Тоді зміна форми резистора тензометричного дорівнює:

$$\Delta a = \frac{3P}{Ebh^3} \int_{x_1}^{x_1+a} (2lx - x^2) dx = \frac{3P}{Ebh^3} \left(lx^2 - \frac{x^3}{3} \right) \Big|_{x_1}^{x_1+a} = \frac{3P}{Ebh^3} \left(l((x_1+a)^2 - x_1^2) - \frac{1}{3}((x_1+a)^3 - x_1^3) \right)$$

Значить, ми маємо змогу записати формулу залежності сигналу датчика тензометричного від значення навантаження P , яке прикладене до балки:

де a – значення довжина тензорезистора,

l – значення довжини балки тензометричної,

h – значення товщини балки тензометричної,

b – значення ширини балки тензометричної,

P – сила на осі навантаження на балку тензометричну, E – пружний модуль для матеріалу балки тензометричної,

x_1 – значення координат розміщення резистора тензометричної відносно балки,

$U_{жс}$ – значення напруги живлення моста тензометричного.

Якщо значення P буде у межах $[P_0+\Delta P; P_0-\Delta P]$, тоді можна зробити аналіз розподілу ймовірностей, згідно якого є співвідношення між навантаженням на осі P від сигналу датчика. Якщо P — випадково розподілене значення із рівномірністю розподілу, то ймовірність дорівнює 1:

$$G_P = \int_{P_0-\Delta P}^{P_0+\Delta P} g_P \cdot dP = 1$$

де g_P — максимальна задана густина P ;

G_P — ймовірність виникнення P .

Величина розподілу g_P знаходиться з відповідного інтеграла:

$$\int_{P_0-\Delta P}^{P_0+\Delta P} g_P \cdot dP = 1$$

$$\int_{P_0-\Delta P}^{P_0+\Delta P} g_P \cdot dP = g_P \cdot (P_0 + \Delta P - (P_0 - \Delta P)) = 2 \cdot g_P \cdot \Delta P = 1$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КРБ 085.00.00.000 ПЗ

$$g_P = \frac{1}{2 \cdot \Delta P}$$

для значення густини розподілу даного сигналу можна отримати відповідно до такої формули:

$$g_{\Delta U} = g[\psi(\Delta U)] \cdot |\psi'(\Delta U)|$$

$g(\Delta U)$ — функція, є оберненою функцією по відношенню до $\Delta U = f(P)$;
 $g \Delta U$ — значення інтенсивності сигналу.

Знайдемо функцію, що є оберненою, $\psi(\Delta U)$ у разі, якщо функція пряма має вигляд:

$$\Delta U = \frac{3 \cdot P \cdot \left[l \cdot \left((x_1 - a)^2 - x_1^2 \right) - \frac{1}{3} \cdot \left((x_1 - a)^3 - x_1^3 \right) \right]}{2 \cdot a \cdot E \cdot b \cdot h^3} \cdot U_{ж}$$

Для полегшення задачі вносимо такі зміни:

$$A = \frac{3 \cdot \left[l \cdot \left((x_1 - a)^2 - x_1^2 \right) - \frac{1}{3} \cdot \left((x_1 - a)^3 - x_1^3 \right) \right]}{2 \cdot a \cdot E \cdot b \cdot h^3} \cdot U_{ж}$$

$$\Delta U = A \cdot P$$

Отже:

$$\psi(\Delta U) = \frac{\Delta U}{A}$$

Обираємо похідну для даної функції $\psi(\Delta U)$:

$$\psi'(\Delta U) = \frac{1}{A}$$

Значить, можемо отримати густину ефективно переданого сигналу датчика при осьовому навантаженні P :

$$g_{\Delta U} = \frac{1}{2 \cdot \Delta P \cdot A}$$

Видиму ймовірність, того, що отримаємо певне значення ΔU в існуючих межах можна отримати за такою формулою:

					<i>КРБ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D(\Delta U) = \frac{(25 \cdot 10^{-3})^3}{6 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} - [6.25 \cdot 10^{-3}]^2 = 64.41 \cdot 10^{-6} \text{ В}^2.$$

В такому разі квадратичне відхилення середнє для ΔU дорівнює:

$$\delta = \sqrt{D(\Delta U)}$$

Врахувавши значення чисел, матимемо наступне:

$$\delta = \sqrt{64.41 \cdot 10^{-6}} = 8.03 \cdot 10^{-3} \text{ В.}$$

Висновок

Наскільки видно з попередніх формул, значення величини сигналу є лінійно неперервним відносно значення P . Коли навантаження на осі розподілене рівномірно, то величина розподілу та розподілена густина для сигналу виходу лінійно пов'язані з сигналами виходу тензодатчика.

					<i>КРБ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Значення охорони праці та аналіз потенційно небезпечних факторів

Охорона праці має дуже важливе значення в забезпеченні безпечних і здорових умов праці. Тому потрібне створення оптимальних умов охорони, вдосконалення виробничих процесів з врахуванням вимог фізіології, психології і гігієни праці.

Забезпечення безпеки праці, звільнення працівників від надлишкового перенапруження сприяє більш ефективному використанню людських ресурсів, і тим самим збільшенню працездатності.

Складність завдань, що стоять перед охороною праці, вимагають використання досягнень і висновків багатьох наукових дисциплін, що безпосередньо, чи опосередковано зв'язані з задачами створення здорових та безпечних умов праці. В першу чергу це відноситься до соціально-правових наук, а також до досліджень в галузі наукової організації праці, технічної естетики, ергономіки, соціальної та інженерної психології. Так як головним об'єктом охорони праці є, звичайно, людина в процесі праці, то при розробці вимог виробничої санітарії використовують результати досліджень ряду медичних та біологічних дисциплін.

В процесі праці людина вступає у взаємодію з предметами праці, засобами виробництва, іншими людьми. Крім того, на неї впливають різні параметри виробничої обстановки, в якій відбувається праця – температура, вологість, шум, рух повітря, вібрація, інфразвук, дія електромагнітних полів та випромінювання різних типів. Від умов праці в великій мірі залежить здоров'я та працездатність людини, відношення до праці, результат праці. При поганих умовах створюються передумови для виникнення травм і професійних захворювань.

Небезпечним називається виробничий фактор, дія якого на працюючого призводить до травми чи раптового різкого погіршення здоров'я. Якщо виробничий фактор призводить до захворювання чи зниження працездатності, то його вважають шкідливим.

					<i>КРБ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До найважливіших шкідливих фізичних факторів відносять: підвищена запиленість повітря робочої зони, мікроклімат виробничих приміщень, підвищений рівень інфрачервоного випромінювання, підвищений рівень ультрафіолетового випромінювання, підвищений рівень вібрації, шуму, інфра- та ультразвуку, підвищений або занижений барометричний тиск, підвищений рівень іонізуючого випромінювання, підвищений рівень електромагнітного випромінювання в робочій зоні, підвищений рівень статичної електрики, небезпечний рівень напруги в електричному колі, підвищена чи знижена іонізація повітря, відсутність чи брак природного світла, недостача, чи великі перепади освітлення робочої зони, підвищена яскравість світла, знижена контрастність, пульсація світла.

4.2 Заходи з техніки безпеки при виготовленні деталей

Процес виготовлення деталей на виробництві або в умовах навчального цеху супроводжується переліком небезпек, пов'язаних з роботою обладнання, ручними операціями, а також впливом зовнішніх факторів (шум, вібрація, пил, гострі елементи, напруга тощо).

Організаційні заходи безпеки:

- допуск до роботи тільки навченого персоналу, який пройшов перевірку знань з охорони праці;
- підготовка та оновлення технологічної документації, в якій передбачені заходи безпеки на кожному етапі виробництва;
- регулярні перевірки технічного стану обладнання, проведення ППР (планово-попереджувальних ремонтів);
- контроль з боку посадових осіб за дотриманням працівниками правил безпеки.

Техніка безпеки при роботі з обладнанням:

- перед запуском верстата необхідно перевірити справність електроживлення, стан заземлення, відсутність механічних пошкоджень;

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- працювати дозволяється тільки зі справним інструментом — затуплений або пошкоджений інструмент може спричинити аварію;
- при закріпленні заготовок на верстатах слід використовувати лише штатні пристрої (тиски, патрони, магнітні плити);
- заборонено доторкатися до обертових частин верстата або заготівки під час роботи;
- обробка проводиться лише при наявності захисного огороження, особливо на абразивних та ріжучих верстатах;
- при аварійному зупиненні верстата необхідно вимкнути живлення, викликати відповідального за ремонт та доповісти керівнику;

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):

- захисні окуляри або щитки – при обробці матеріалів, що супроводжується утворенням стружки, іскор або пилу;
- навушники або антишумові вкладиші – при тривалій роботі з шумогенеруючим обладнанням (допустимий рівень шуму на робочому місці не має перевищувати 80 дБ);
- рукавиці – при переміщенні заготовок, загострених деталей (за виключенням точних операцій біля обертових частин);
- комбінезони з вогнестійкої тканини – при роботі з термічним або зварювальним обладнанням;
- захисне взуття з металевим носком – для запобігання травм ніг при падінні інструменту чи заготовок;
- індивідуальні респіратори або витяжки – при роботі з пилогенеруючими або токсичними матеріалами (наприклад, при шліфуванні або паянні).

Вимоги до організації робочого місця:

- зручність та раціональність розташування робочого обладнання;
- мінімізацію фізичних зусиль працівника;
- можливість вільного переміщення;
- відповідність санітарним та гігієнічним нормам;

					<i>КРБ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- відсутність небезпечних та шкідливих факторів, або їх ефективну нейтралізацію.

Просторові характеристики:

- площа на одного працівника в адміністративно-виробничих приміщеннях повинна бути не менше 4,5 м²;
- об'єм повітря – не менше 15 м³;
- ширина проходів – не менше 1,0 м, а в зонах з рухомим обладнанням – 1,5 м і більше.

Освітлення:

- загальне освітлення: не менше 300 ЛК;
- локальне освітлення: до 500–1000 ЛК, залежно від типу завдань;
- використання ламп з природним спектром світла знижує втому очей.

Шум та вібрація:

Відповідно до Державних санітарних норм ДСН 3.3.6.037-99, рівень шуму не повинен перевищувати:

- до 80 дБ – на постійних робочих місцях;
- до 65 дБ – в офісних приміщеннях;
- при підвищеному рівні – обов'язкове застосування ЗІЗ (антишумові навушники).

Попередження травматизму та дії у разі аварії

- не поспішати при виконанні операцій — більшість травм стається через неуважність.
- повідомляти керівника про будь-які несправності обладнання.
- при нещасному випадку або пожежі негайно викликати швидку допомогу та повідомити службу охорони праці.

					<i>КРБ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- наявність аптечки першої допомоги повинна бути обов'язковою на кожній виробничій дільниці.

4.3 Особливості заходів електробезпеки

Під електробезпекою слід розуміти систему організаційних та технічних заходів, спрямованих на запобігання ураженню працівників електричним струмом, а також зниження ймовірності виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних із роботою електроустановок. У нормативно-правовій базі України це питання регулюється рядом документів, серед яких основними є: Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕС), Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС), ДСТУ EN 50110, ДСТУ ІЕС 60364, а також внутрішні положення та інструкції кожного конкретного підприємства.

Основними джерелами небезпеки на виробництві є: відкриті струмопровідні частини, пошкоджена або зношена ізоляція, несправне заземлення, іскріння контактів, короткі замикання, недотримання правил експлуатації електропристроїв, недостатня кваліфікація персоналу. У ряді випадків ураження може бути смертельним навіть при дотику до низьковольтного обладнання (220–380 В), особливо за наявності підвищеної вологості, високої температури або металевих підлог.

Технічні заходи включають реалізацію інженерних рішень, що дозволяють унеможливити контакт персоналу з небезпечними елементами

або знизити наслідки можливих аварій. Одним із найважливіших таких заходів є захисне заземлення, яке забезпечує автоматичне вимкнення напруги при пробіі фази на корпус. Не менш важливим є застосування пристроїв захисного вимкнення (ПЗВ) та диференціальних автоматів, які відключають живлення при витокі струму на землю або корпус. Виробничі приміщення, особливо з підвищеною вологістю, повинні бути обладнані низьковольтними джерелами живлення, наприклад 12 В або 24 В, щоб виключити можливість ураження в екстремальних умовах.

					<i>КРБ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До технічних заходів також належать: якісна ізоляція проводів та кабелів, їх захист у трубах, лотках або коробах; наявність чітких маркувань, попереджувальних знаків, блокування, огороження доступу до струмопровідних частин; світлова та звукова сигналізація при вмиканні високовольтного обладнання. Усі електрощити мають бути замкнені, доступ до них дозволяється лише уповноваженим особам.

Важливу роль відіграє застосування засобів індивідуального захисту при роботі з електрообладнанням. Працівники повинні використовувати діелектричні рукавички, калоші, килимки, захисні окуляри, інструмент із ізолюючими ручками. ЗІЗ повинні проходити регулярну перевірку на цілісність та відповідність технічним умовам.

Окремо слід розглянути порядок дій у разі аварійних ситуацій. Якщо працівник зазнав ураження електричним струмом, необхідно негайно відключити напругу. Якщо це неможливо — відштовхнути постраждалого від джерела струму за допомогою діелектричних або ізолюючих предметів.

Надання першої медичної допомоги включає штучне дихання та непрямий масаж серця. Після виклику швидкої допомоги обов'язково повідомляється відповідальній особі, а місце події фіксується для подальшого розслідування. Будь-який нещасний випадок має бути належно розслідуваний згідно з вимогами законодавства.

					<i>КРБ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі бакалавра було зроблена наступна робота:

В аналітичній частині було проведено аналіз методів та засобів вимірювання характеристик кронциркулів,

у конструкторсько-технологічній частині було розроблено конструкцію та принцип роботи вимірювального пристрою. розраховано параметри вузлів та механізмів, з яких складається даний пристрій.

У спеціальній частині було описано математичну модель для сил навантаження, що діють по відношенню до балки тензометричної, на якій здійснюється вимірювання; проведено опис схеми керування та зроблено опис її складових елементів, зображено схему алгоритму роботи.

					<i>КРБ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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. Методичні вказівки по виконанню графічної частини дипломного проекту - ТНТУ, 2014р. 23с.

3. 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.

4. Навчання рекурентної НМ для прямого інверсного керування динамічним об'єктом / Паламар М.І., Стрембіцький М.О.// Матеріали ІV Всеукраїнської конференції "GE0-UA" (26-30 травня 2014 р.). — Київ.: Наукова думка, 2014.-с.171-174.

5. Батюк В. В. Адаптивна системи керування для мехатронних систем / В. В. Батюк, М. О. Стрембіцький // Збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 1. — С. 39. TNTU. — Tern. : TNTU, 2018. — Vol 91. — No 3. — P. 107–114. — (Instrument-making and information-measuring systems).

6. 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).

					КРБ 085.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. 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.

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

9. Автоматизація виробничих процесів : навч. посіб. / Проць Я. І., Савків В. Б., Шкодзінський О. К., Ляшук О. Л. Тернопіль : ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. 344с.

10. <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/doc4337.pdf>

11. Стиценко Т. Є., Пронюк Г. В., Сердюк Н. М., Хондак І. І. «Безпека життєдіяльності»: навч. посібник / Т. Є Стиценко, Г. В. Пронюк, Н. М. Сердюк, І. І. Хондак. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – 336 с..

12. Катренко Л.А., Кіт Ю.В., Пістун І. П. Охорона праці. Курс лекцій. Практикум: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2009. – 540 с.

					<i>КРБ 085.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		