

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)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: “Розробка інформаційно-вимірювальної системи стану для  
дослідження моменту зрушення давачів кутових переміщень”

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи РІм-61  
спеціальності 152

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

\_\_\_\_\_  
(підпис) Горобець О.Р.  
(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис) Яворська М.І.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2023

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

\_\_\_\_\_  
(підпис)                      \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)  
«    »                      2023 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)

студенту Горобцю Олександрю Руслановичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка інформаційно-вимірювальної системи стенду для дослідження  
моменту зрушення давачів кутових переміщень

Керівник роботи Яворська М.І. к.т.н., доц. 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)



## РЕФЕРАТ

Робота складається з вступу, чотирьох розділів і загальних висновків.

У розділі "Аналітична частина" проведено аналіз різних типів еncoderів і їхніх технічних характеристик, а також розглянуто всі електричні пристрої, їх характеристики та різновиди, які застосовані у даній роботі.

У розділі "Основна частина" приділяється увага конструкції та принципу роботи стенду, подається опис окремих вузлів. Проведено модулювання в *solidwork* загальної конструкції стенду та тарування електромагніту. Здійснюється аналіз та узагальнення фактичного матеріалу, який використовується в процесі дослідження.

Розділ "Науково-дослідна частина" відведена на розрахунки, такі як установка нульової відмітки шкали стенду та визначення зусиль навантаження на коромисло.

У розділі "Спеціальна частина" надано опис та характеристики обраної елементної бази.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Засоби вимірювання кутових переміщень: Енкодери: призначення і конструктивні особливості.....	8
1.2 Засоби фіксування переміщення. Конструкція і принцип роботи оптопар. 14	
1.3 Засоби створення і передачі механічного зусилля. Конструкція і призначення електромагніта .....	18
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА .....	22
2.1 Опис конструкції спроектованого приладу взятого за основу .....	22
2.2 Вдосконалення конструкції приладу для підвищення точності вимірювань 23	
2.2.1 Аналіз функціонування .....	23
2.2.2 Структурна схема .....	25
2.2.3 Вдосконалення конструкції.....	27
2.2.4 Функціональна схема .....	28
2.3 Особливості і моделювання .....	29
2.3.1 Моделювання процедури тарування електромагніта .....	29
2.3.2 Особливості функціонування стенду повірки давачів крутного моменту .....	33
2.4 Об'єкт дослідження і тестування роботи спроектованого стенду.....	35
3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	37
3.1 Виставлення нульової відмітки (зрівноваження коромисла) .....	37
3.2 Розрахунок зусилля навантаження на коромисло .....	39
4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА .....	41
4.1 Опис елементної бази .....	41
4.1.1 Вибір мікроконтролера.....	41
4.1.2 Вибір електромагніта.....	44
4.1.3 Вибір LCD-Дисплея.....	45
4.2 Твердотільне моделювання розробленого стенду.....	47

4.2.1 Особливості і переваги твердотільного моделювання при формуванні геометричних моделей .....	47
4.2.2 Побудова двовимірних ескізів в SolidWorks .....	49
4.2.3 Побудова тривимірних ескізів в SolidWorks .....	49
4.2.4 Створення просторових моделей твердих тіл на основі їх 2D ескізів. ....	53
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....</b>	<b>59</b>
5.1 Охорона праці .....	59
5.1.1 Пожежна безпека в лабораторії .....	59
5.1.2 Захисні заходи від ураження електричним струмом. Заземлення .....	62
5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	66
5.2.1 Підвищення стійкості роботи об'єктів приладів будівельної галузі під час воєнного стану .....	66
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....</b>	<b>71</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....</b>	<b>72</b>

## ВСТУП

При автоматизації виробництва функції керування та контролю технічними і технологічними процесами покладаються на вимірювальні та керуючі пристрої. При використанні засобів керування технічними і технологічними процесами в автоматичному режимі висувають підвищені вимоги до використовуваних інформаційно-вимірювальних систем, оскільки при їх функціонуванні відсутні коректуючі дії обслуговуючого персоналу.

Важливими елементами автоматичної системи є датчики. В їх основі лежать різні принципи вимірювання параметрів технологічних процесів, що опираються на відповідні види вимірів і перетворень вимірюваних параметрів. Різноманітність технологічних процесів призводить до необхідності мати широкий вибір датчиків, які повинні задовільняти вимоги, характерні для відповідних пристроїв автоматизації. Зокрема: потрібну чутливість, точність, швидкодію, надійність, міцність, порівняно малі розміри і т.д. В наш час датчики розробляють в багатьох дослідних і дослідно-конструкторських організаціях. Від адекватного вибору конкретного вимірювального засобу, його правильного обслуговування і вчасної періодичної сертифікації (перевірки) залежить якість роботи інформаційної вимірювальної системи.

В даній роботі розглянуто стенд для контролю крутного моменту зрушення (похибки нуля) датчиків кутового переміщення (енкодерів). Об'єктом вимірювання даного приладу є еncoder. Стенд відноситься до вимірювальної техніки, а саме, до пристроїв для вимірювання моменту зрушення еncoderів.

За основу розробленого пристрою прийнято варіант стенду, у якому порогове навантаження досягалося підчас механічного навантаження плеча важеля в ручному режимі. В запропонованій модифікації подача навантаження здійснюється в автоматичному режимі з використанням електромагніту. Також розроблено електронний блок керування для автоматичної реєстрації результатів перевірки.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Засоби вимірювання кутових переміщень: Енкодери: призначення і конструктивні особливості.

Контролер (давач) положення обертового об'єкта або по-іншому енкодер - це електромеханічний пристрій, за допомогою якого можна визначити положення обертової осі (вала).

У цьому пристрої механічний рух перетворюється в електричні сигнали, що визначають положення об'єкта, дають інформацію про кут повороту вала, його положення і напрямок обертання. За допомогою енкодера також можна виміряти довжину і відстань або встановити переміщення інструменту.

Енкодери мають широку сферу застосування в друкованій промисловості, металообробці, ліфтовій техніці, автоматах для фасування, пакування і розливу, в випробувальних стендах, а також робототехніки та інших механізмах, які потребують точної реєстрації кутових переміщень. Вони практично повністю замінили поширені раніше сельсини. Вигляд енкодера (див.рис. 1.1)

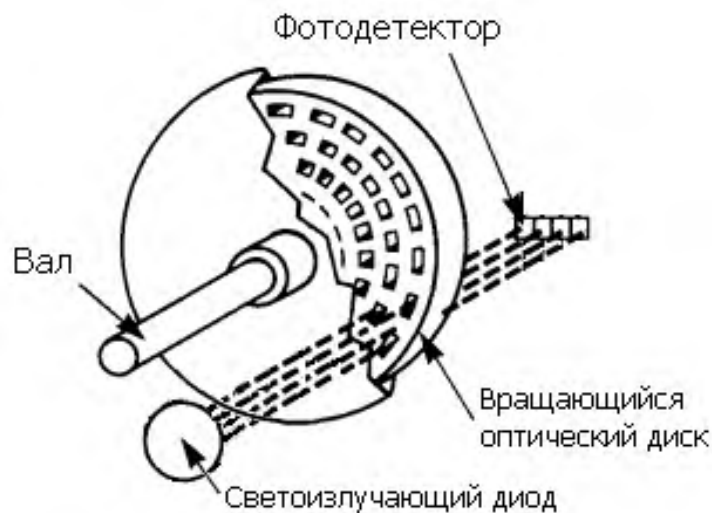


Рисунок 1.1 – Енкодер



## **Типи енкодерів**

За особливостями реєстрації кутових переміщень розрізняють енкодери: інкрементальні (інкрементні) і абсолютні.

### **Інкрементальний енкодер**

Інкрементальний енкодер - це пристрій, який визначає кут повороту при обертовому переміщенні, видаючи імпульсний цифровий код. Використовується для визначення швидкості обертання валу (осі), коли немає потреби зберігати абсолютне кутове положення при виключенні живлення. Тобто, якщо вал нерухомий, передача імпульсів припиняється. Іншими словами, якщо включити енкодер цього типу, то відлік повороту кута почнеться з нуля, а не з кута на який він був виставлений до моменту виключення. Осі об'єкта і енкодера з'єднуються між собою за допомогою спеціальної гнучкої перехідної муфти або жорсткої втулки, або енкодер можна встановити власне на сам вал. Основною перевагою інкрементальних енкодерів є їх простота, надійність і відносно низька вартість.

### **Абсолютний енкодер**

Абсолютний енкодер видає цифровий код, що ідентифікує кутове положення об'єкта, дозволяє визначати кут повороту осі навіть в разі зникнення і відновлення живлення і не вимагає повернення об'єкта в початкове положення, що є безперечною перевагою цього типу енкодерів. Оскільки кут повороту завжди відомий, то лічильник імпульсів в цьому випадку не потрібен. На сигнал абсолютного енкодера не впливають завади і вібрації і тим самим для нього не важлива точна установка валу. Абсолютний енкодер використовується в високоточних системах: робототехніка, верстати з числовим програмним управлінням і ін.

## **Класифікація за принципом дії**

За принципом дії розрізняють енкодери:

- оптичні
- магнітні
- магніторезисторні

### **Оптичні**

Конструкція оптичного енодера складається з диска, поділеного на світлопроникні і світлонепроникні зони, світло-випромінюючого діода і фотодетектора. Диск з нанесеною оптичною шкалою (поверхня диска складається з прозорих і непрозорих ділянок) жорстко закріплюється на валу. При обертанні об'єкта спеціальний давач зчитує інформацію і перетворює її в послідовність імпульсів.

#### Магнітні

Магнітний енодер включає в себе вал з магнітом і давачем Холла, який реєструє послідовність проходження магнітних полюсів (північних і південних), за якою обчислюється швидкість і напрямок обертання.

#### Магніторезисторні

Магніторезисторний енодер складається з котушки поміщеної в магнітне поле, котушка закріплюється на валу. При обертанні котушки її витки будуть змінювати положення щодо поля, вони будуть то паралельні полю, то перпендикулярні, відповідно струм в котушці буде змінюватися. Таким чином, струм, що протікає через котушку буде змінюватися в залежності від кута повороту вала.

#### **При виборі енодера слід звернути увагу на наступні параметри:**

Число імпульсів на оборот (число біт у абсолютних енодерів). Від даного показника залежить точність системи - чим більше імпульсів тим вище точність.

Вал, отвір під вал (і їх діаметр). Від цього залежить яким чином на енодер передаватиметься обертання, або об'єкт буде приєднуватися до отвору енодера, або на вал енодера буде передаватися обертання за допомогою, наприклад, зубчастої передачі або ременя.

Тип вихідного сигналу енодера (HTL, TTL, RS422, двійковий код, код Грея, і ін.). Даний параметр впливає на зняття сигналу енодера і подальшу його передачу.

Напруга живлення. Від цього показника залежить робота системи і точність зняття сигналу.

Довжина кабелю або тип роз'єму впливають на можливості установки робочої системи.

Інші вимоги за кріпленням (необхідність муфти, монтажного фланця, кріпильної штанги і ін.).

Важлива також ступінь захисту енкодера від проникнення пилу і вологи.[1]

Давачі кута повороту виготовляють різні фірми, різні марки, різні виробники, характеристика таких давачів включає багато параметрів один з параметрів це момент зрушення. Момент зрушення – мінімальний момент який потрібно прикласти до валу давача кута повороту щоб він почав обертатись.

Візьмемо за приклад давачі від фірми Kubler і проаналізуємо їх характеристики:

### 1.Sendix F5888M від фірми Kubler

Оптичний багатооборотний кодер Sendix F5888 (див.рис. 1.2) в лінії Motor-Line версія особливо характерна своїми зменшеною глибиною лише 43 мм із наскрізним порожнистим валом до 15 мм.

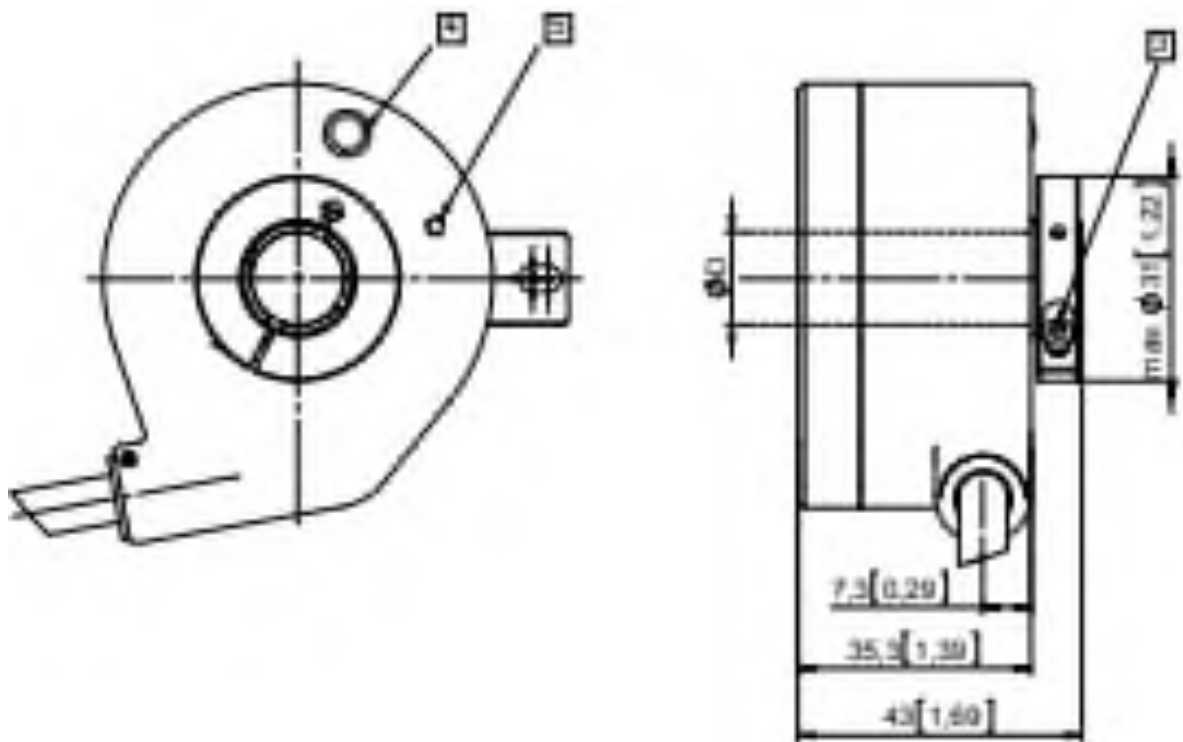


Рисунок 1.2 – Енкодер Sendix F5888M

Характеристика:

- Максимальна швидкість  $9000 \text{ хв}^{-1}$ ,  $6000 \text{ хв}^{-1}$  (безперервна)
- Початковий крутний момент при  $20^\circ \text{ C}$  [ $68^\circ \text{ F}$ ]  $< 0,01 \text{ Нм}$
- Діапазон робочих температур  $-40^\circ \text{ C} \dots + 85^\circ \text{ C}$  [ $-40^\circ \text{ F} \dots + 185^\circ \text{ F}$ ]
- Вібростійкість згідно до EN 60068-2-6  $100 \text{ м/с}^2$ ,  $55 \dots 2000 \text{ Hz}$
- Загальна роздільна здатність  $1 \dots 4.294.967.296$  (32 біта) за

замовчуванням: 25 біт

- Живлення  $10 \dots 30 \text{ В}$

## 2. Sendix F3668 / F3688 (вал / порожнистий вал) від фірми Kubler

Енкодер Sendix F36 (див.рис. 1.3) із запатентованою системою Intelligent Scan Technology™ - це оптичний багатооборотний кодер у мініатюрному форматі, без передач і зі 100% нечутливістю до магнітних полів. При розмірі всього  $36 \times 42 \text{ мм}$  він пропонує простий вал або глуху порожнину вала до  $10 \text{ мм}$ .

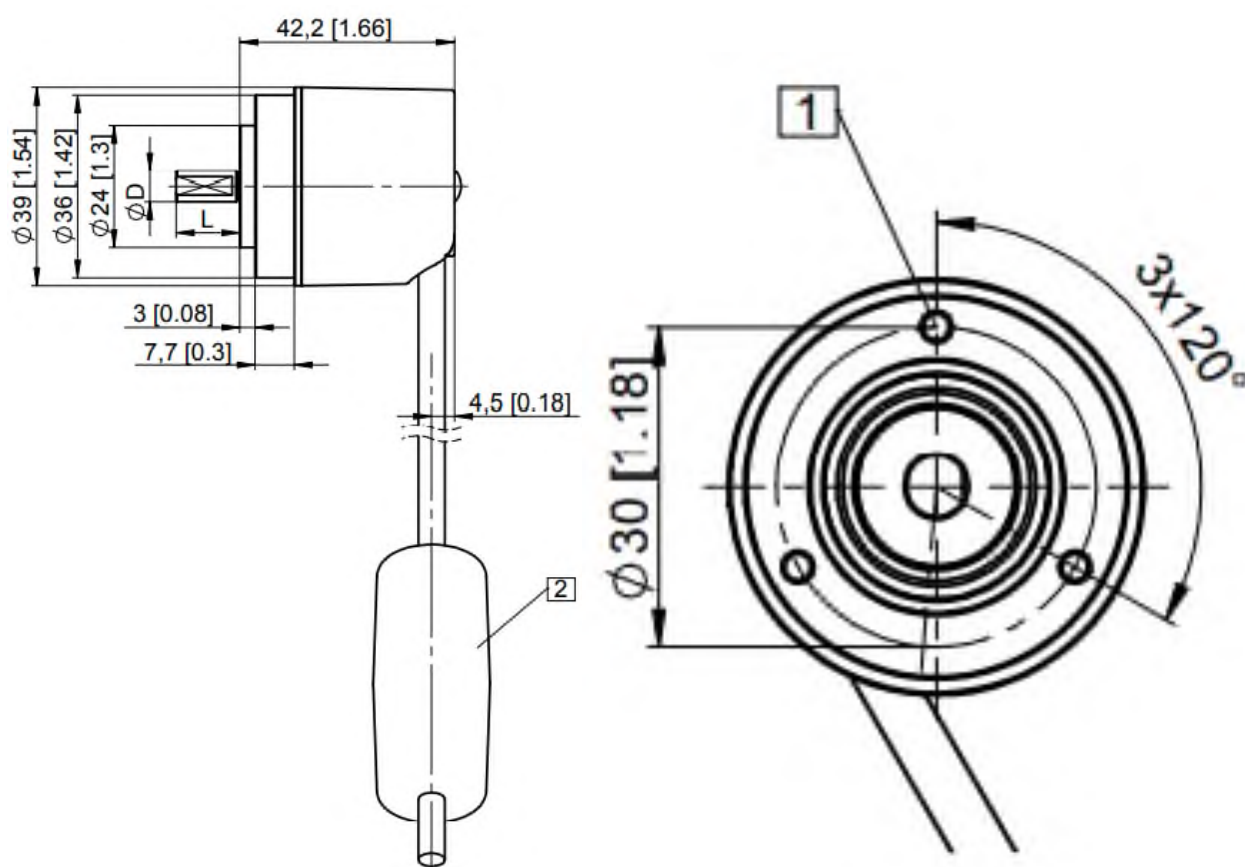


Рисунок 1.3 – Енкодер Sendix F3668 / F3688

Характеристика:

- Максимальна швидкість

Версія вала без ущільнення вала (IP65) або глухий варіант порожнистого вала  $12000 \text{ хв}^{-1}$  або  $10000 \text{ хв}^{-1}$  (безперервно)

Версія вала з ущільненням вала (IP67)  $10000 \text{ хв}^{-1}$   $8000 \text{ хв}^{-1}$  (безперервно)

- Початковий крутний момент при  $20 \text{ }^\circ \text{C}$  [ $68 \text{ }^\circ \text{F}$ ]

Без ущільнення вала  $<0,007 \text{ Нм}$

З ущільненням вала (IP67)  $<0,01 \text{ Нм}$

- Діапазон робочих температур  $-40 \text{ }^\circ \text{C} \dots + 85 \text{ }^\circ \text{C}$  [ $-40 \text{ }^\circ \text{F} \dots + 185 \text{ }^\circ \text{F}$ ]
- Вібростійкість згідно до EN 60068-2-6  $100 \text{ м / с}^2$ ,  $55 \dots 2000 \text{ Гц}$
- Загальна роздільна здатність  $1 \dots 4.294.967.296$  (32 біта),

масштабована за замовчуванням:  $33.554.432$  (25 біт)

- Живлення  $10 \dots 30 \text{ В}$

### 3. 3700/3720 (вал / порожнистий вал)

Інкрементні економні давачі типу 3700/3720 (див.рис. 1.4) з оптичними сенсорними технологіями є особливо компактними та економічними варіантами. Надзвичайно надійний і стійкий пластиковий корпус цих додаткових елементів енкодера, посилений вуглецевим волокном.

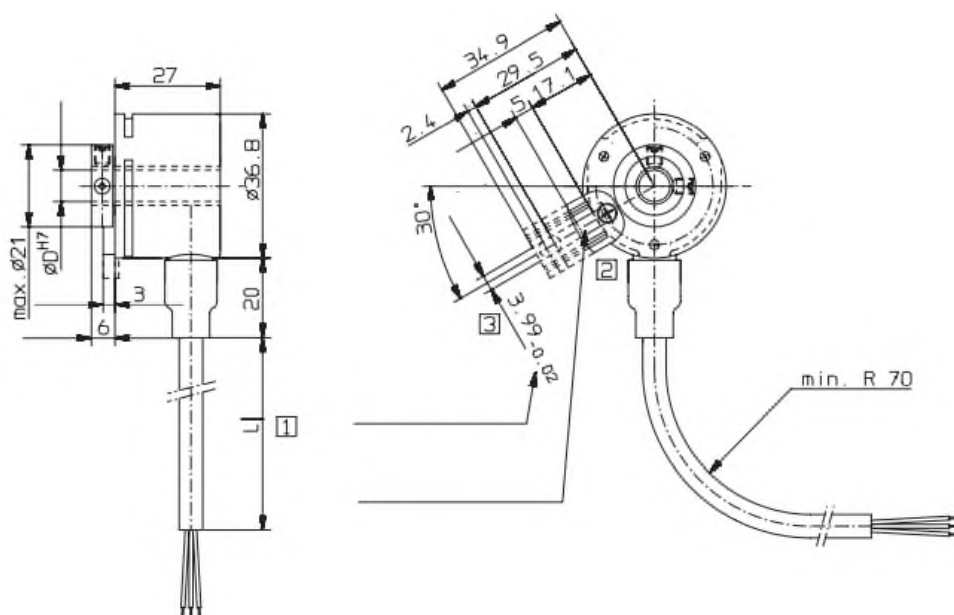


Рисунок 1.4 – Енкодер 3700/3720

Характеристика:

- Швидкість макс.  $6000 \text{ хв}^{-1}$
- Початковий крутний момент:

версія вала  $<0,007 \text{ Нм}$

Версія порожнистого валу  $<0,01 \text{ Нм}$

- Діапазон робочих температур  $-20 \text{ }^\circ\text{C} \dots +70 \text{ }^\circ\text{C}$
- Вібростійкість згідно до EN 60068-2-6  $100 \text{ м / с}^2$  ,  $10 \dots 2000 \text{ Гц}$
- Напруга живлення  $5 \dots 30 \text{ В}$  постійного струму

Як слідує з аналізу багатьох давачів діапазон крутного моменту коливається від  $0.007\text{-}0.01\text{Нм}$ .

## 1.2 Засоби фіксування переміщення. Конструкція і принцип роботи оптопари

Оптоелектронна пара, або оптопара – це напівпровідниковий прилад, що складається із світловипромінюючого та фотоприймального елемента, пов'язаних оптичним каналом. Світловипромінювач, фотоприймач та оптичний канал, що реалізує гальванічну розв'язку між входом та виходом, конструктивно об'єднані в одному корпусі.

Оптопара або оптрон – електронний прилад, що складається з випромінювача світла (зазвичай - світлодіод, в ранніх виробках - мініатюрна лампа розжарювання) і фотоприймача (біполярних і польових фототранзисторів, фотодіодів, фототиристорів, фоторезисторів), пов'язаних оптичним каналом і, як правило, об'єднаних у спільному корпусі. Принцип роботи оптрона полягає в перетворенні електричного сигналу у світловий потік, його передачі оптичним каналом і подальшому зворотньому перетворенні в електричний сигнал.

### Класифікація оптронів

За ступенем інтеграції

- Оптопари (або елементарні оптрони ) - складаються з двох і більше елементів (у т. ч. зібрані в одному корпусі)

- оптоелектронні інтегральні схеми, - містять одну або кілька оптопар (з додатковими компонентами, наприклад, підсилювачами або без них).

За типом оптичного каналу

- з відкритим оптичним каналом
- із закритим оптичним каналом

За типом фотоприймача

- з фоторезистором (резисторні оптопари)
- з фотодіодом
- з біполярним (звичайним чи складовим) фототранзистором
- з фотогальванічним генератором (сонячною батареєю); такі оптрони

завичай забезпечуються звичайним польовим транзистором, затвором якого управляє фотогальванічний генератор.

- з фототиристором чи фотосимистором.

За типом джерел світла

- з мініатюрною лампою розжарювання
- з неоновією лампою
- зі світлодіодом

Оптрони з польовим транзистором або фотосимистором іноді називають оптореле або твердотільним реле.

На сьогоднішній день в оптоелектроніці можна виділити два напрями.

1. Електронно-оптичний, заснований на принципі фотоелектричного перетворення, що реалізується у твердому тілі внутрішнім фотоефектом та електролюмінесценцією.

2. Оптичний, заснований на тонких ефектах взаємодії твердого тіла з електромагнітним випромінюванням що використовує лазерну техніку, голографію, фотохімію тощо.

## Принцип роботи оптопар

Оптрон є єдиною конструкцією, що складається з джерела і приймача випромінювання, пов'язаних між собою оптичним каналом. Структурна схема оптрона (див.рис. 1.5)

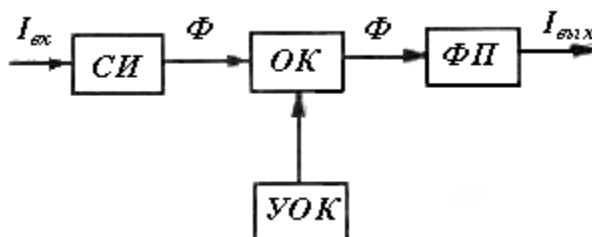


Рисунок 1.5 – Структурна схема оптрона

Вхідний сигнал, наприклад електричний струм  $I_{вх}$ , перетворюється на світловипромінювачі СІ у світловий потік  $\Phi$ , енергія якого пропорційна вхідному сигналу. По оптичному каналу ОК світловий потік направляється у фотоприймач ФП, де перетворюється на пропорційне світловому потоку значення вихідного електричного струму  $I_{вих}$ . За допомогою пристрою керування оптичним каналом УОК можна керувати світловим потоком шляхом зміни фізичних властивостей оптичного каналу.

Таким чином, в оптронах здійснюється подвійне перетворення енергії: електричної у світлову та світлової знову на електричну. Це надає оптронам ряд нових властивостей і дозволяє на їх основі створювати електронні пристрої з виключно своєрідними параметрами і характеристиками. Так застосування оптронів дозволяє здійснити майже ідеальну електричну розв'язку між елементами пристрою (опір до  $10^{16}$  Ом, прохідна ємність до  $10^{-4}$  пФ). Крім того, можуть бути ефективно використані такі властивості оптронів, як односпрямованість інформації, відсутність зворотного зв'язку з виходу на вхід, висока роздільна здатність, широка смуга пропускання (від нуля до сотень і навіть тисяч мегагерц), сумісність з іншими (напівпровідниковими) приладами. Це дає можливість використовувати оптрони для модулювання сигналів,



До недоліків оптронів слід віднести залежність їх параметрів від температури, низькі ККД та коефіцієнт передачі.

Пристрій оптрона (див.рис. 1.6). Як випромінювачі в оптронах зазвичай використовують світлодіоди на основі арсеніду-фосфіду галію GaAsP або алюміній-арсеніду галію GaAlAs, що характеризуються великою яскравістю, високою швидкодією і тривалим терміном служби. Крім того, вони добре узгоджуються за спектральними характеристиками з фотоприймачами на основі кремнію. Як фотоприймачі можуть використовуватися фоторезистори, фотодіоди, фототранзистори і фототиристри.

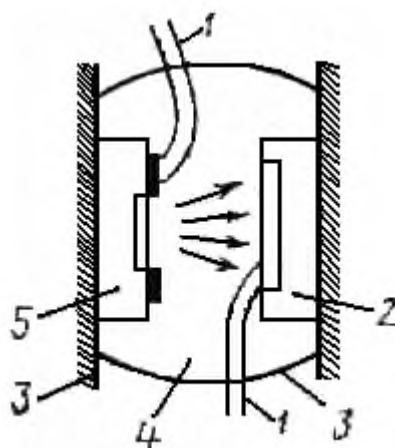


Рисунок 1.6 – Пристрій оптрона: 1 – виводи; 2 – фотоприймач; 3 – корпус;  
4 – оптичне середовище; 5 – світлодіод

Фотодіоди та фототранзистори як приймачі випромінювання отримали в оптронах найбільшого поширення, оскільки за своїми характеристиками та параметрами вони можуть сумісні з інтегральними мікросхемами. Фототиристри широко застосовуються в оптронах як ключові підсилювачі потужності, керовані світловим випромінюванням. Передача світлового випромінювання оптронах здійснюється через оптичний канал, роль якого можуть відігравати різні середовища. Призначення оптичного каналу – передача максимальної світлової енергії від випромінювача до приймача. Передавальним середовищем можуть бути повітря, різні емісійні середовища, а також оптичні світловоди завдовжки 1

м і більше. Світловолоконні оптичні лінії зв'язку дозволяють довести пробивну напругу ізоляції між входом та виходом оптрона до 150 кВ,

Вхідними параметрами оптронів є: номінальний вхідний струм світлодіода у прямому напрямку  $I_{вх.ном}$  та падіння напруги на ньому у прямому напрямку  $U_{вх}$  при номінальному значенні вхідного струму; вхідна ємність  $C_{вх}$  у заданому режимі; максимально допустимий вхідний струм  $I_{вх.макс}$ ; максимально допустима зворотна напруга на вході  $U_{вх.зв.макс}$ .

Вихідними параметрами оптронів є: максимально допустима зворотна напруга  $U_{вх.зв.макс}$ , на виході; максимально допустимий вихідний струм  $I_{вих.макс}$ ; вихідна ємність  $C_{вих}$ ; світловий  $R_{св}$  та темний  $R_t$  вихідні опори (для фоторезисторних оптронів).

До передавальних характеристик належать: коефіцієнт передачі струму  $KI = (I_{вих} / I_{вх}) 100$  або диференціальний коефіцієнт передачі струму  $KI_d = (dI_{вих} / dI_{вх}) 100$ , виражені у відсотках.

Швидкодію оптрона оцінюють при подачі на його вхід прямокутного імпульсу за часом затримки  $t_{зд}$  від моменту подачі імпульсу до моменту досягнення вихідним струмом значення  $0,1 I_{в.вих.зв.макс}$ , а також за часом наростання  $t_{нар}$  вихідного струму від  $0,1$  до  $0,9$  його максимального значення. Сумарний час затримки та наростання називають часом включення  $t_{вкл}$ . Швидкодія фотоприймача характеризується його частотними властивостями, тобто такою частотою синусоїдально-модульованого світлового потоку, при якій чутливість фотоприймача внаслідок інерційності зменшується в  $\sqrt{2}$  раз. [2]

### **1.3 Засоби створення і передачі механічного зусилля. Конструкція і призначення електромагніта**

Електромагніт – це пристрій, за допомогою якого можна створювати електромагнітне поле. Головною властивістю є його здатність контролювати форму, напруженість і полярність даного поля. При цьому напруженість поля контролюють за допомогою величини електричного струму, який протікає в котушці. Полярність визначається напрямком протікання струму. Форма

магнітного поля залежить від форми сердечника котушки. Полюси електромагніту визначаються аналогічно тому, як це роблять в соленоїдах, за правилом правої руки. П. П. Р., яке також називають правилом свердлика, є мнемоническим засобом, за допомогою якого визначають напрямки векторних добутків.

Збільшувати дію електромагніту, а точніше його поля, можна за допомогою:

- Використання відповідних сердечників (наприклад з м'якого заліза);
- Збільшення кількості витків;
- Збільшення рівня поданого на котушку електричного струму.

Обмотку котушки електромагніту виконують з мідних або алюмінієвих ізольованих проводів. Існують і надпровідні електромагніти. Магнітний дріт виготовляють із магнітно-м'якого матеріалу, найчастіше сталі (конструкційної, та електротехнічної), чавуну і сплавів заліза з кобальтом або нікелем. Зниження втрати на вихровий струм (ВхТ) здійснюється застосуванням багат шарового магнітопровода.

### **Основна класифікація**

Існує три основних способи класифікації електромагнітів. Залежно від типу струму і способу його подання використовують наступну класифікацію.

- Нейтральний е/м постійного струму – пристрій, в якому магнітний потік є результатом проходження по обмотці постійного струму і залежить тільки від його величини.

- Поляризований е/м постійного струму – пристрій, що знаходиться під впливом 2 незалежних магнітних потоків: робочого і потоку, який спричиняє поляризацію. Останній створюють за допомогою робочої обмотки. Поляризаційні потоки своїм утворенням зобов'язані постійним магнітним полям, іноді додатковим електромагнітам. Дані потоки необхідні для створення сил притягання. Робота такого пристрою обумовлюється напрямком та/або величиною електричного струму в обмотці.

- Е/м змінного струму – пристрій, обмотку якого живить джерело змінного струму. Магнітний потік може періодично змінюватись за своїм напрямом і розміром (величиною). Сила притягання стала за напрямком і змінюється в межах від нуля до максимально граничних значень з частотою вдвічі більшою, ніж частота струму живлення. Такі електромагніти найчастіше використовуються в побутовій техніці.

Існують і інші способи класифікації електромагнітів. Наприклад, їх можна розрізнити за типом поля створеного електромагнітом і його статусом: змінне і/або постійне. Також використовують класифікації, засновані на способах включення обмотки (послідовне і паралельне включення), на працездатності (здатні працювати протягом тривалого часу, переривчасті і короткочасні) та інших характеристиках, наприклад по швидкості виконання завдання (уповільнені і швидкодіючі).

### **Способи експлуатації**

Найбільш широкою і важливою областю застосування електромагнітів є сфера конструювання та експлуатації електричних машин і апаратів, що входять в систему автоматики в промисловості. Іншою важливою областю є апаратура регулювання і захисту електротехнічних об'єктів/установок. Також електромагніти застосовуються при виготовленні різноманітних механізмів, в ролі приводу за яким здійснюється необхідне поступальне переміщення (поворот) робочого органу певної машини або для створення утримуючих сил. Прикладом останніх функцій може служити електромагніт у складі вантажопідйомного механізму/машини. Існують електромагніти муфт, що використовуються для гальмування або встановлення зчеплення (в машинах), електромагніти, що застосовуються в пускачах, пристроях контактора та вимикача, а також їх використовують при створенні електровимірювальних приладів і т. д.

Електромагніти – це пристрої, які є перспективними при конструюванні тягових приводів в швидкісних транспортних засобах, де з їх допомогою створюють магнітну подушку. В даний час і медицина не обходиться без використання електромагнітів. Їх нерідко застосовують при проведенні хімічних,

біологічних і фізичних експериментів. Завдяки обширній експлуатації та рінзоманітному конструктивному виконанню, а також невеликій енергозатратності, електромагніти є доступними як в побуті, так і в будь-яких інших сферах діяльності людини. Вага електромагнітів може варіюватися від декількох грамів до сотні тон, а споживаної електрики витрачається – від частки Вт до багатьох десятків МВт.

## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Опис конструкції спроектованого приладу взятого за основу

Технічне завдання полягало у проектуванні стенду для досліджування моменту зрушення давачів кутових переміщень. За основу прийнято готовий стенд, над яким я працював на третьому курсі. Процес вимірювання моменту зрушення в даному стенді здійснювався в ручному режимі.

Конструкція пристрою для дослідження моменту зрушення давачів кутового переміщення (див.рис. 2.1)

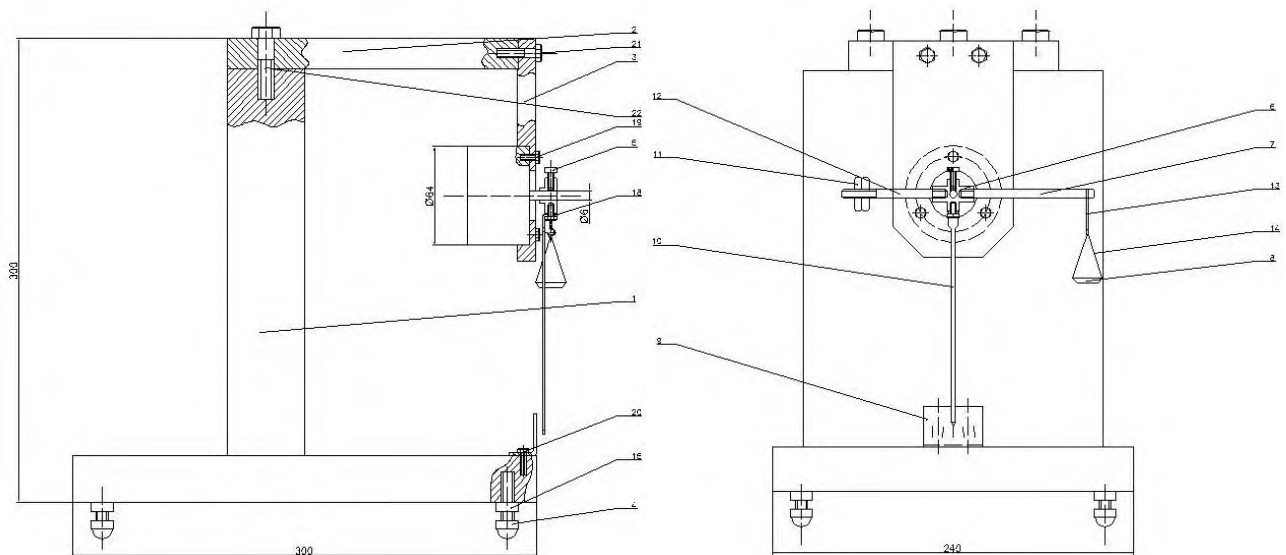


Рисунок 2.1 – Стенд для дослідження моменту зрушення давачів кутового переміщення

Пристрій складається з Т-подібної опори (1), консольної плити (2), тримача (3) на який монтується досліджувані давачі (прикручуються болтами (19)). Їх центрування здійснюється по зовнішньому діаметрі. На вал давача монтується швидкознімне коромисло, яке попередньо зрівноважене за допомогою балансирних гайок (11) і закріплюється на вихідному валу досліджувального давача за допомогою болта. При нерухомому валу давача стрілка (показчик 10), що прикріплена до коромисла, повина позиціонуватися на 0 шкали (9), що прикріплена до Т-подібної опори.

На чашу (8) коромисла, змонтованого на давачі, починаємо додавати по одній гирі першого класу точності вагою від 1 мг до 100 г. Прикладене зусилля створює крутний момент на вал довжиною 90мм. Процедуру продовжуємо до зрушення стрілки. Це означатиме що момент зрушення давача подоланий. Вимірний стартовий момент  $N$  порівнюємо з допустимим значенням для даного давача. За результатом порівняння робимо висновок про придатність давача для використання його в робочому режимі.

Процес зрівноваження коромисла наступний.

Перед проведенням вимірювання на тримач стенду монтуємо вал на підшипниках коченя, поворот якого при мінімальному моменту прикладеного до правого плеча. Виставляємо коромисло в горизонтальному положенні за допомогою регулювальних гайок. При цьому стрілка буде знаходитися на нульовій відмітці шкали. При подальших тестових вимірюваннях на заміну валу з підшипниками встановлюємо реальний давач і проводимо дослідження.

## **2.2 Вдосконалення конструкції приладу для підвищення точності вимірювань**

### **2.2.1 Аналіз функціонування**

Стенд, прийнятий за основу, вдосконалений з метою:

- 1) підвищення точності вимірювань;
- 2) оптимізація роботи оператора шляхом автоматизації мануальної процедури нарощування крутного моменту шляхом поступового докладання важок.

Вдосконалена конструкція пристрою для дослідження моменту зрушення давачів кутового переміщення (див.рис. 2.2)

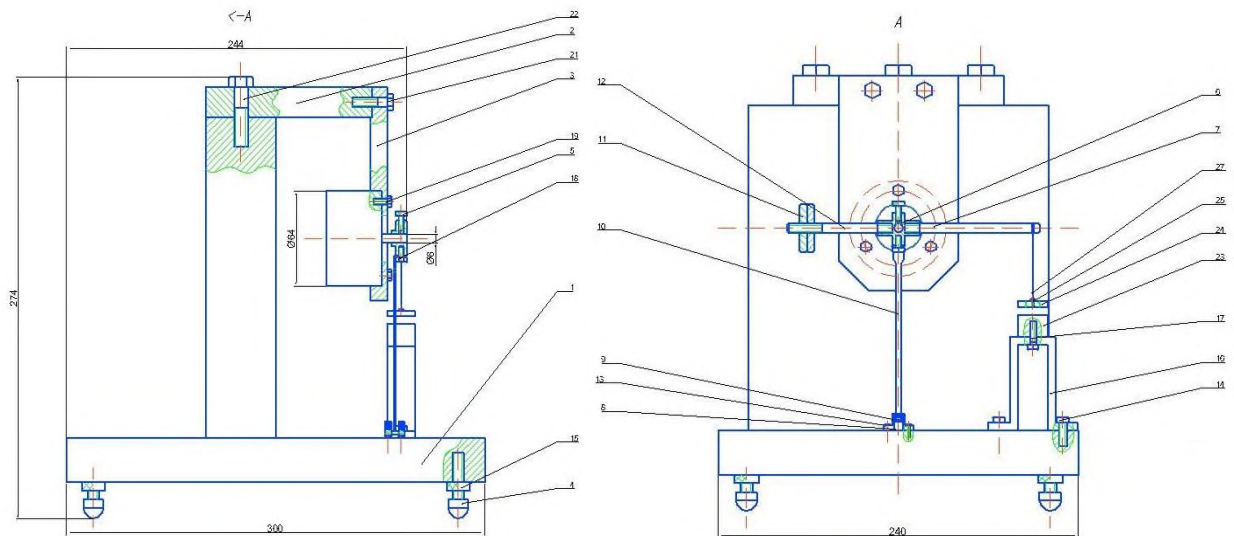


Рисунок 2.2 – Стенд для дослідження моменту зрушення давачів кутового переміщення

Момент зрушення з місця там фіксувався стрілкою (10). Такий спосіб реєстрації пропонується замінити на точніший із застосуванням оптопар (8), яка буде чітко фіксувати момент зрушення стрілки. При поданні навантаження щоб спростити роботу операторам і автоматизувати процес вимірювання, процедуру додавання гирьок в навантажувальну чашу замінено на нарощування зусилля на коромисло за допомогою електромагніта (23) через якір (24) підвішений до валу (7).

Дослідження проходить наступним чином: контрольований давач зафіксуємо, на вихідний вал монтуємо коромисло, коромисло строго зрівноважене і в вихідному положенні воно горизонтальне. Тепер починаємо подавати напругу на електромагніт, при збільшенні напруги збільшується зусилля притягування якоря до електромагніта, це зусилля збільшуємо до тих пір, поки крутний момент зусилля на довжину якоря не стане рівним моменту тертя. Як тільки цей момент досягне значення рівного моменту тертя, стрілка зрушиться з місця що буде зафіксовано засвічуванням оптопар. Це означає, що вал давача зрушився, тобто шуканий момент зрушення досягнуто. Його значення рівне зусиллю помноженому на плече. Отримане значення порівнюємо з допустимим, вказаним в технічних характеристиках, якщо воно менше або рівне то проблем



немає, якщо більше за допустиме то цей давач не годиться, потрібно його відкорегувати.

### 2.2.2 Структурна схема

Структурна схема блоку керування пристроєм (див.рис. 2.3)

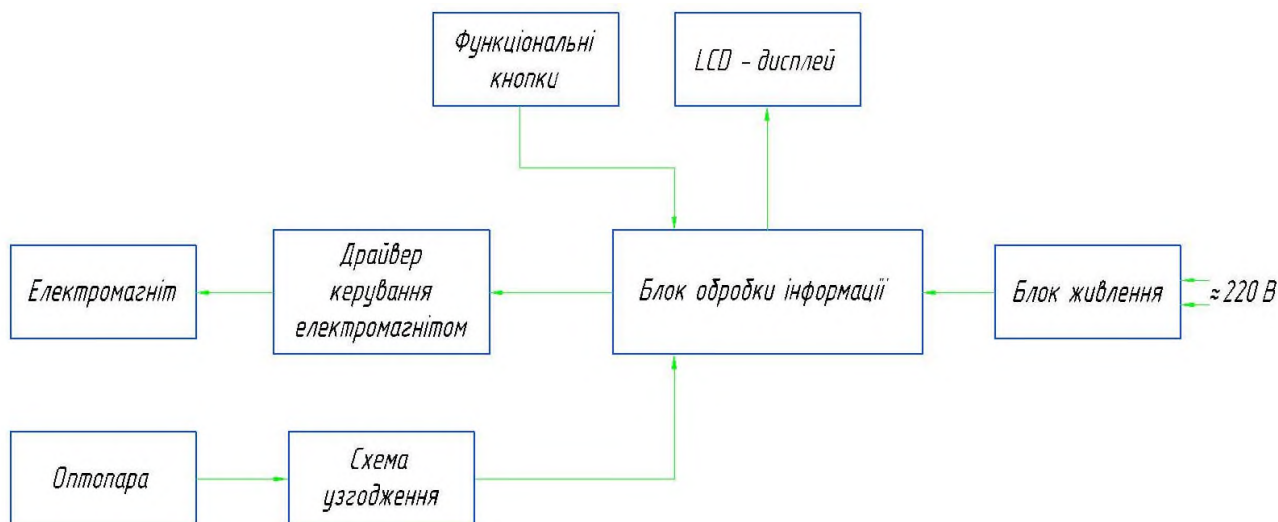


Рисунок 2.3 – Структурна схема блоку керування пристроєм

До засобів керування належать: блок обробки інформації для опрацювання і передачі даних, який живиться від від блоку живлення, що підключається до мережі 220В; дисплей, на якому відображаються дані про біжучий стан робочих параметрів. Роботою пристрою керують за допомогою функціональних кнопок.

Керування зусиллям для притягання якоря здійснюється регулюванням струму, що подається на котушку електромагніта, через драйвер керування електромагнітом (див.рис. 2.4). Для регулювання величини струму використовується широтно-імпульсно модульований сигнал.

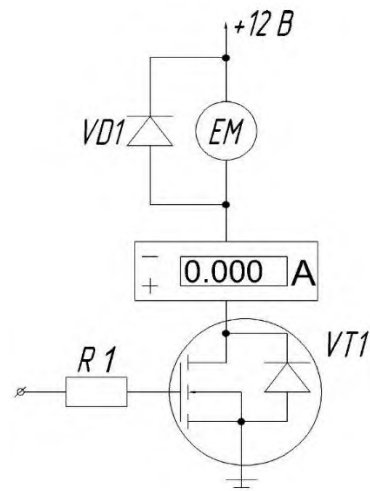


Рисунок 2.4 – Драйвер керування електромагнітом

Рівень спожитого струму вимірюється амперметром, а зусилля, спричинене електромагнітом пропорційне струму

Схема узгодження для включення і використання оптопари (див.рис. 2.5).

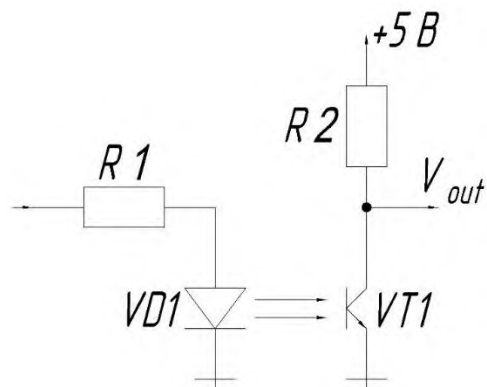


Рисунок 2.5 – Схема узгодження

Для схеми узгодження нам потрібно вибрати резистори  $R1$  і  $R2$ . Оскільки на вхід слід подати 5В і забезпечити 50мА, то з конструктивних міркувань вибираємо резистор  $R1=240$  Ом. На виході при 20мА і 5В вибираємо  $R2=1$ кОм.

### 2.2.3 Вдосконалення конструкції

Метою розробки пристрою було, підвищення точності вимірювання кутового переміщення досліджуваних деталей. З цією метою автоматизуємо механічний процес подання зусилля на плече важеля і автоматичне обчислювання шуканого моменту зрушення. Для визначення зусилля використовуваного електромагніту попередньо проводимо його тарування.

Вдосконалена конструкція пристрою для дослідження моменту зрушення давачів кутового переміщення (див.рис. 2.6).

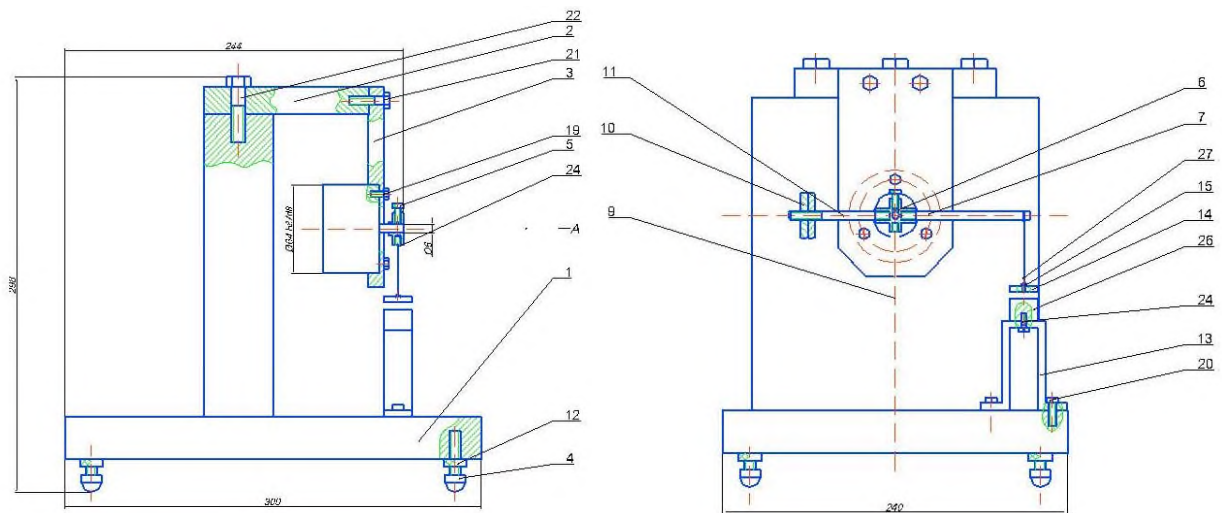


Рисунок 2.6 – Стенд для дослідження моменту зрушення давачів кутового переміщення

Фіксація моменту зрушення з місця здійснюється за реакцією енкодера. Дослідження проходить наступним чином: контрольований давач зафіксуємо на плиті, на вихідний вал монтуємо попередньо строго зрівноважене коромисло. У вихідному положенні воно горизонтальне. Тепер починаємо подавати струм на електромагніт, при збільшенні струму збільшується зусилля притягування якоря до електромагніта. це зусилля збільшуємо до тих пір, поки крутний момент зусилля якір не стане рівним моменту тертя енкодера. В момент приведення енкодера в робочий стан фіксуємо значення струму, поданого на електромагніт, а за ним значення зусилля на праве плече коромисла, із тарувальної кривої електромагніта.

Шуканий момент зрушення рівний добутку зусилля на довжину плеча коромисла. Порівнюємо його із вказаним в технічних характеристиках, і за результатами порівняння робимо висновок про придатність тестованого давача.

### 2.2.4 Функціональна схема

Відповідно функціональна схема також буде відкоректованою і більш точно відображатиме характеристики системи (див.рис. 2.7).

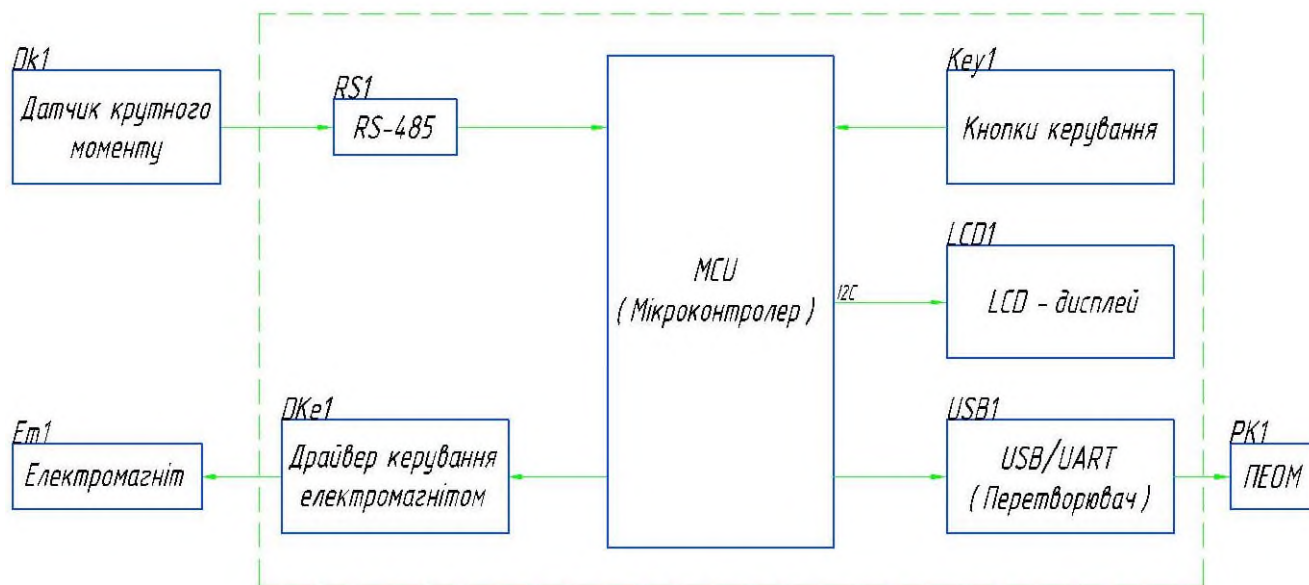


Рисунок 2.7 – Функціональна схема

Даний блок керування призначений для управління пристроєм та вимірювання моменту зрушення енкодера. Команди на блок керування подаються за допомогою клавіатури, або з ПЕОМ. Після зрівноваження коромисла та закріплення енкодера, який підключений через RS-485, на електромагніт подається струм за допомогою драйвера керування. Навантаження, що створюється, вираховується за допомогою тарувального графіка електромагніта. Мікроконтролер опрацьовує отриману інформацію, після чого результати вимірювання відображаються на LCD-дисплеї або ПЕОМ, що підключається за допомогою USB/UART.

## 2.3 Особливості і моделювання

### 2.3.1 Моделювання процедури тарування електромагніта

**Тарування** виконується наступним чином: спочатку ми беремо аналітичні ваги, після чого одну чашу замінюємо якорем, а під ним розташовуємо електромагніт, який використовується в нашому стенді. Потім досягаємо зрівноваження ваг. При подачі струму на електромагніт, ваги змінюють своє положення. За його зміною можна обчислити прикладене зусилля. Поступово збільшуючи струм електромагніта через деякі проміжки в певному діапазоні, отримуємо відповідні зміни зусилля. За вимірними значеннями будують тарувальну криву.

Послідовність операцій для побудови тарувальної характеристики електромагніта (залежності зусилля від струму, поданого на котушку) відтворена на S-моделі, блок-схема (див.рис. 2.8). Блоки мануального відтворення сигналу, імпульсних сигналів з однаковим періодом але різним відсотком заповнення (шпаруватості) і багатфункціонального ключа відтворюють широтно імпульсно модульований сигнал, що подається для керування струмом в котушці електромагніта. Блоки підсилення, суматора та інтегратора моделюють струм в котушці з врахуванням інерційних властивостей ланки, зміну якого з часом отримуємо на виході інтегратора.

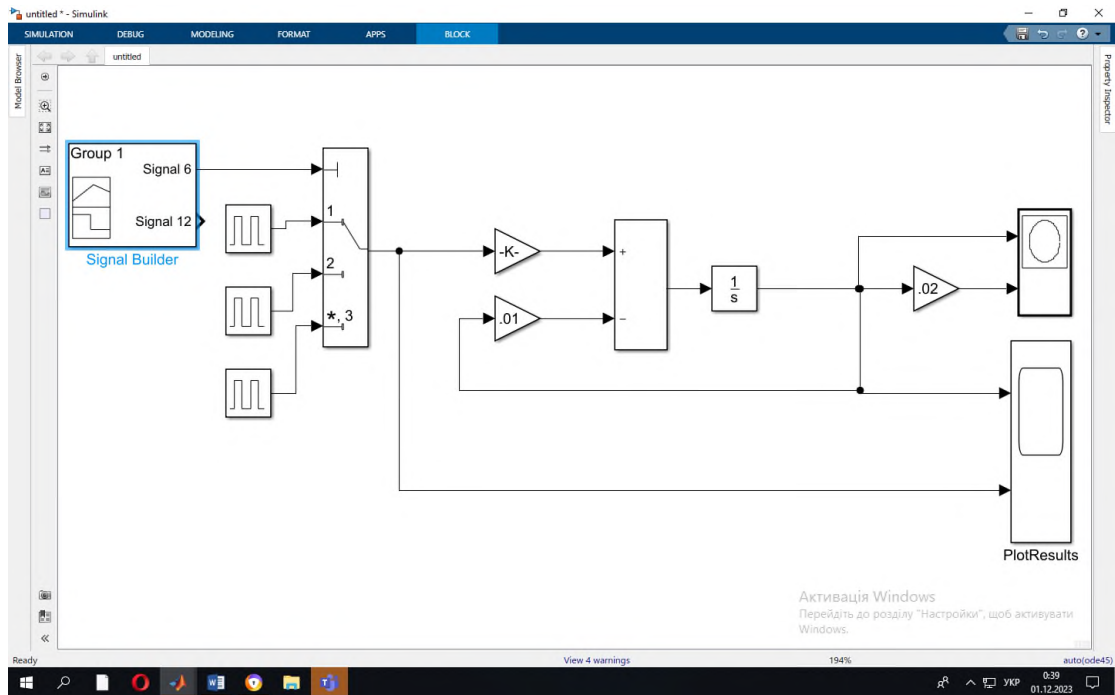


Рисунок 2.8 – S-модель процедури тарування електромагніта

На екрані осцилографа отримуємо форму широтно імпульсно модульованого вхідного сигналу (див.рис. 2.9) і спричинений ним струм в котушці електромагніта (див.рис. 2.10), для заданих параметрів модуляції сигналу та індуктивності і опору котушки.

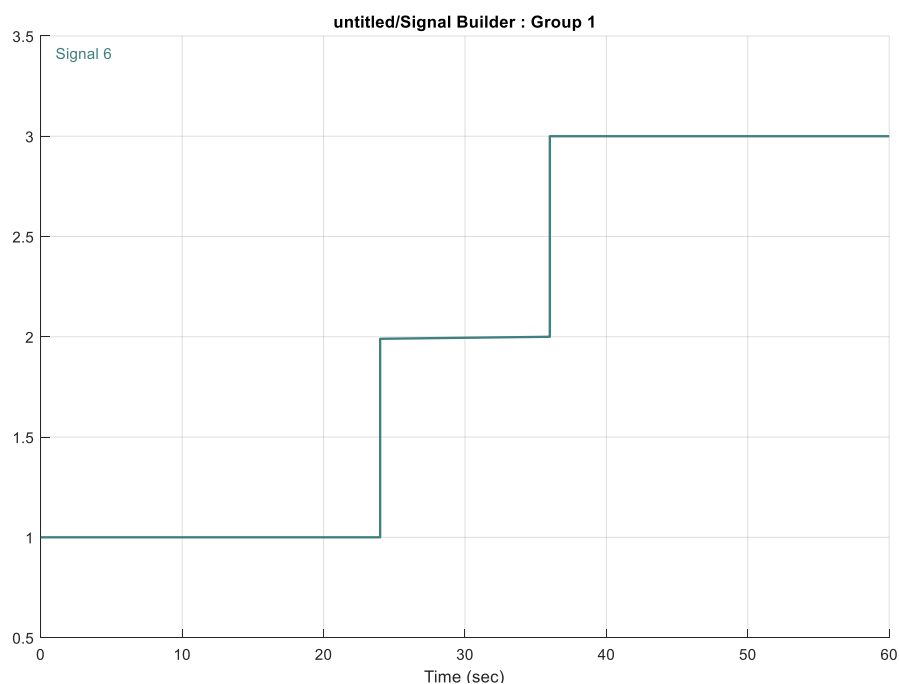


Рисунок 2.9 – Налаштування блоку мануального відтворення сигналу для керування модуляцією вхідного сигналу: рівень сигналу відповідає номеру виходу багатofункціонального ключа.

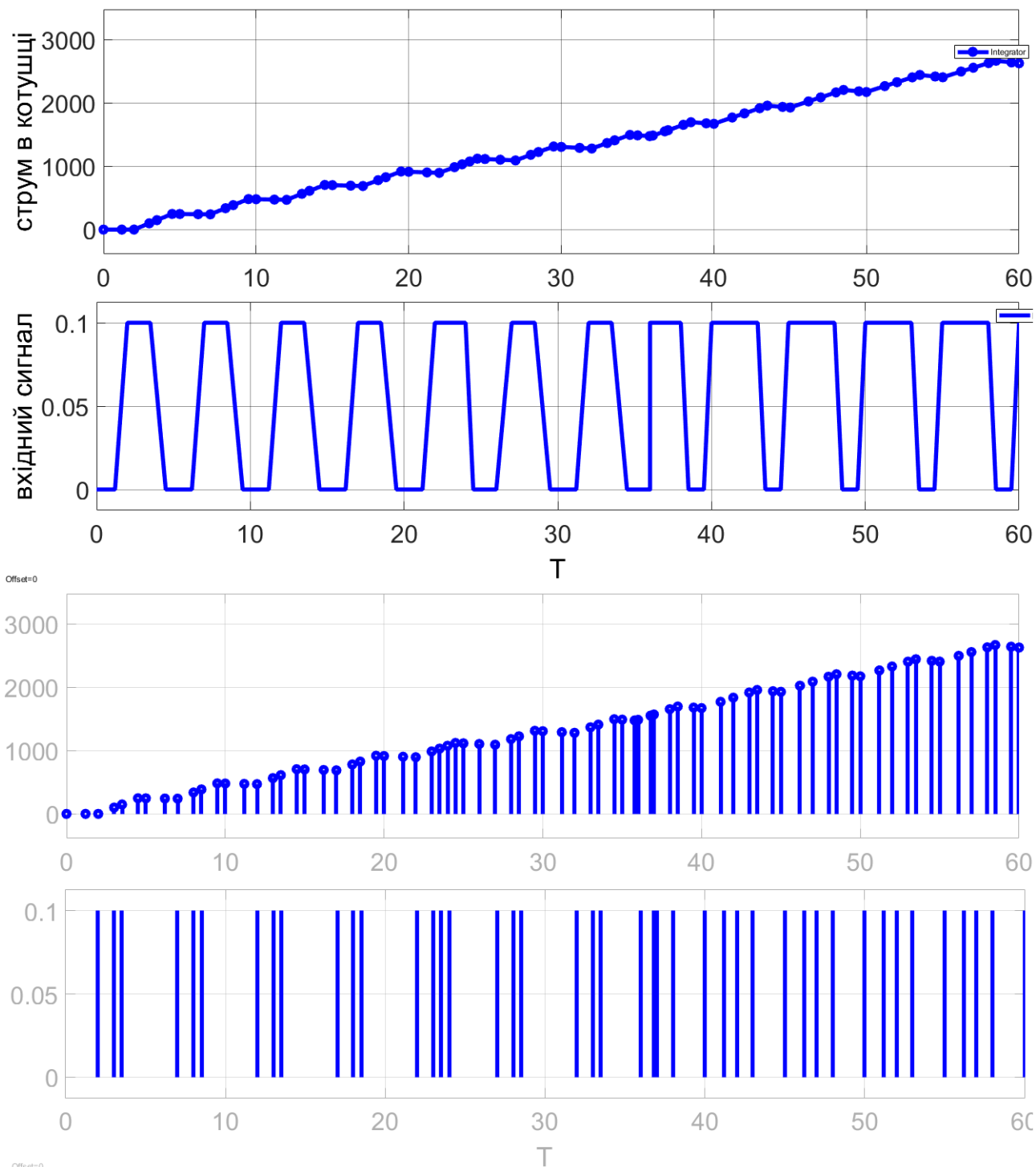


Рисунок 2.10 – Симулювання процесу керування струмом в котушці електромагніта

Якщо на змінну  $Y$  графопобудовувача подавати паралельно виміряне зусилля електромагніта, а на вісь  $X$  – виміряне значення струму в котушці, отримаємо тарувальну характеристику пристрою, за зразком (див.рис. 2.11), (див.рис. 2.12).

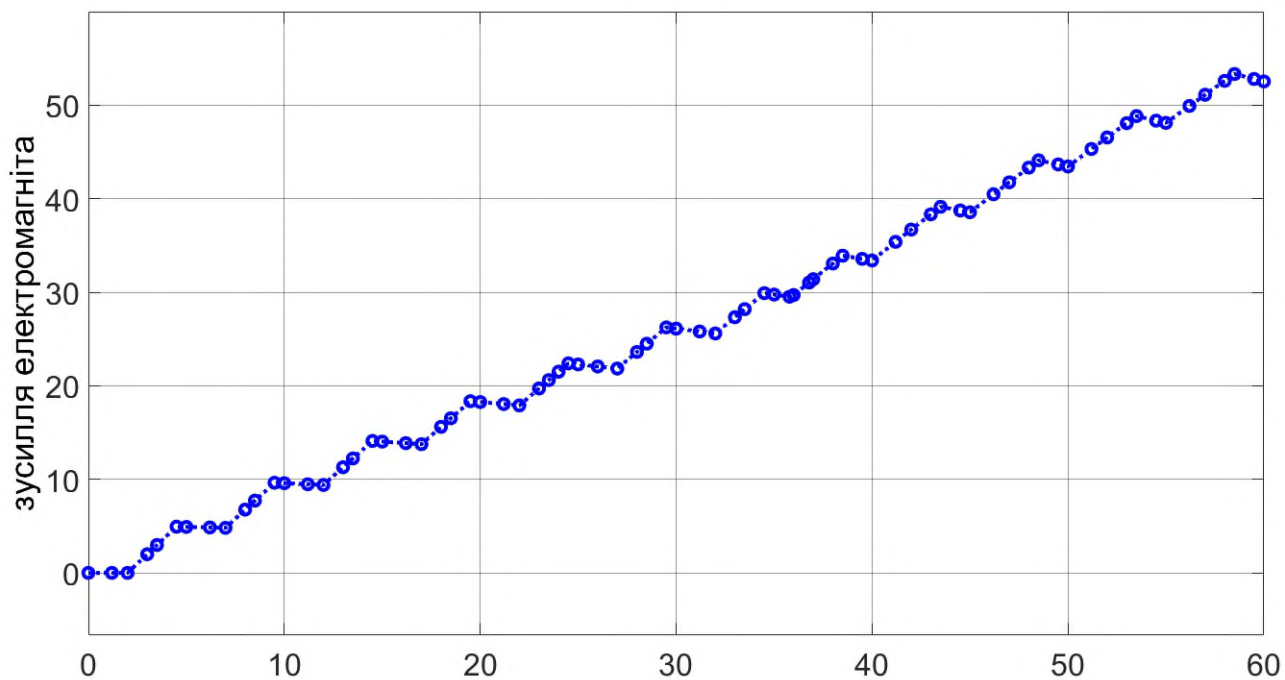


Рисунок 2.11 – Залежність зусилля електромагніта від керуючого сигналу

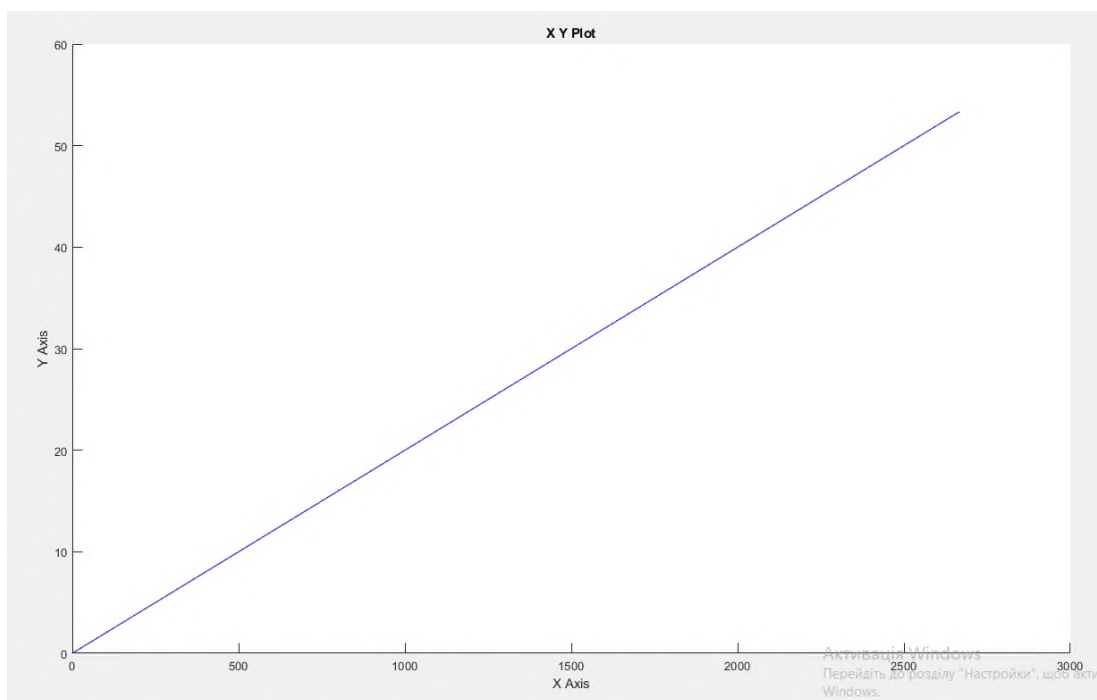


Рисунок 2.12 – Залежність зусилля електромагніта від струму в котушці

Таким чином, за замірами струму на проєктованому стенді можемо отримати значення відповідного зусилля електромагніту і крутного моменту, що спричиняє зрушення важеля і відповідає моменту зрушення тестованого давача.



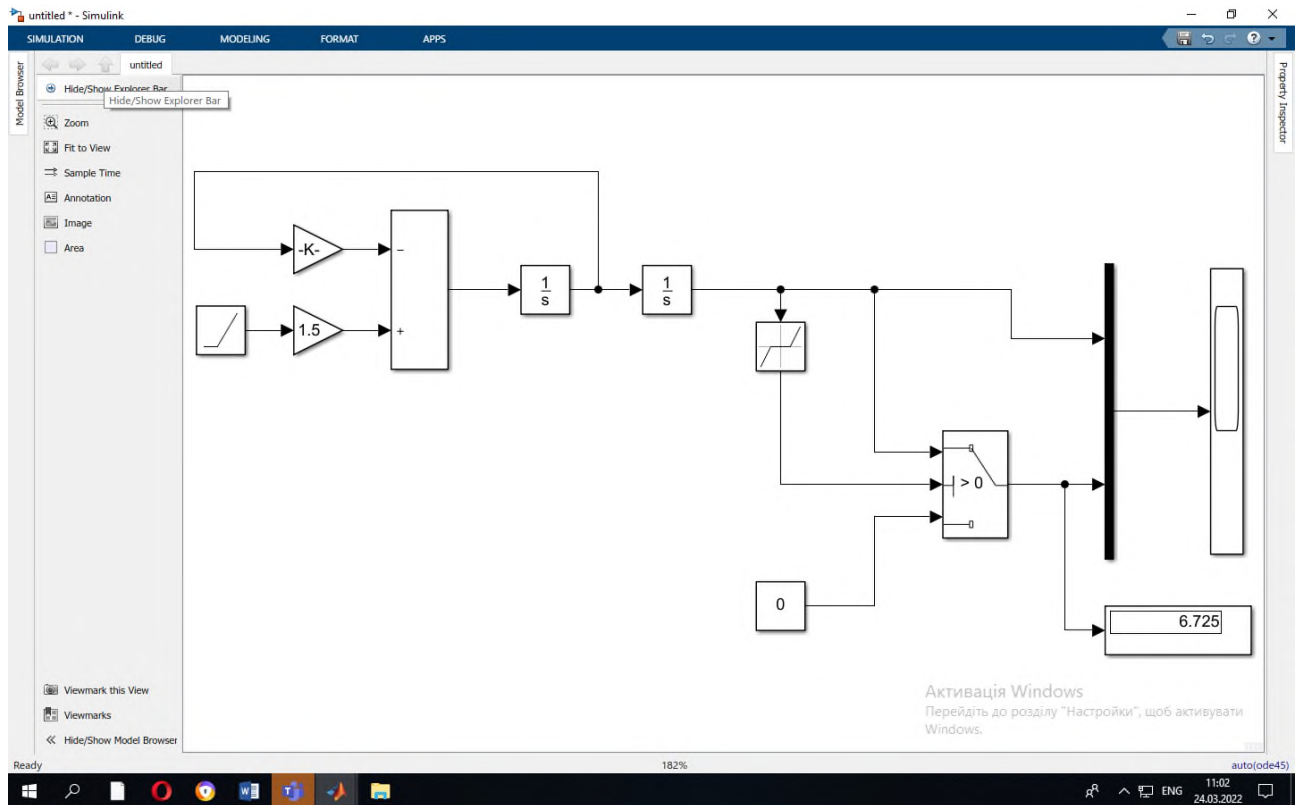
### 2.3.2 Особливості функціонування стенду повірки давачів крутного моменту

Необхідність вимірювання крутного моменту на валу виникає в багатьох технічних засобах: приводах стрічкових конвеєрів, транспортерів, дозаторів, підйомних механізмів, робототехнічних комплексів. Відповідно кожний тип задач формує свої вимоги до параметрів вимірювальних пристроїв: точності вимірювань, способу та діапазону навантажень, тривалості досліджень, форми та способу передачі інформації, відповідного програмного забезпечення, тощо.

Одним із завдань повірки давача крутного моменту є оцінка його порогу чутливості. Для її визначення необхідно зафіксувати мінімальне значення прикладеного крутного моменту, дія якого спричиняє реакцію вимірювальної системи. Розроблений стенд дозволяє здійснювати тарування давачів крутного моменту шляхом експериментального підбору мінімального навантаження в ручному режимі. Для забезпечення автоматичної повірки передбачено його модернізацію, яка полягає у автоматичному регулюванні вхідного навантаження і фіксуванні значення порогу чутливості.

Попередньо вплив переокислених факторів на функціонування стенду досліджувався на S-моделі в середовищі MATLAB SIMULINK (див.рис. 2.13).

Слід зауважити, що на покази стенду впливають інерційні властивості механізму передачі контрольного зусилля (важеля, зрівноважуючого баласту), тертя, а також способу прикладання контрольного навантаження. Розроблена S-модель дозволяє відпрацьовувати особливості перетворення робочого сигналу в залежності від параметрів деталей стенду та способу формування контрольного сигналу (дискретний, неперервний і т.д.). Так на (рис. 2.14) приведено динаміку зміни кута повороту вимірюваного вузла при лінійно зростаючому навантаженні на плече важеля і значення показів давача із певним порогом чутливості.



Рисунку 2.13 – S-модель стенду для оцінки порогової чутливості датчиків крутного моменту

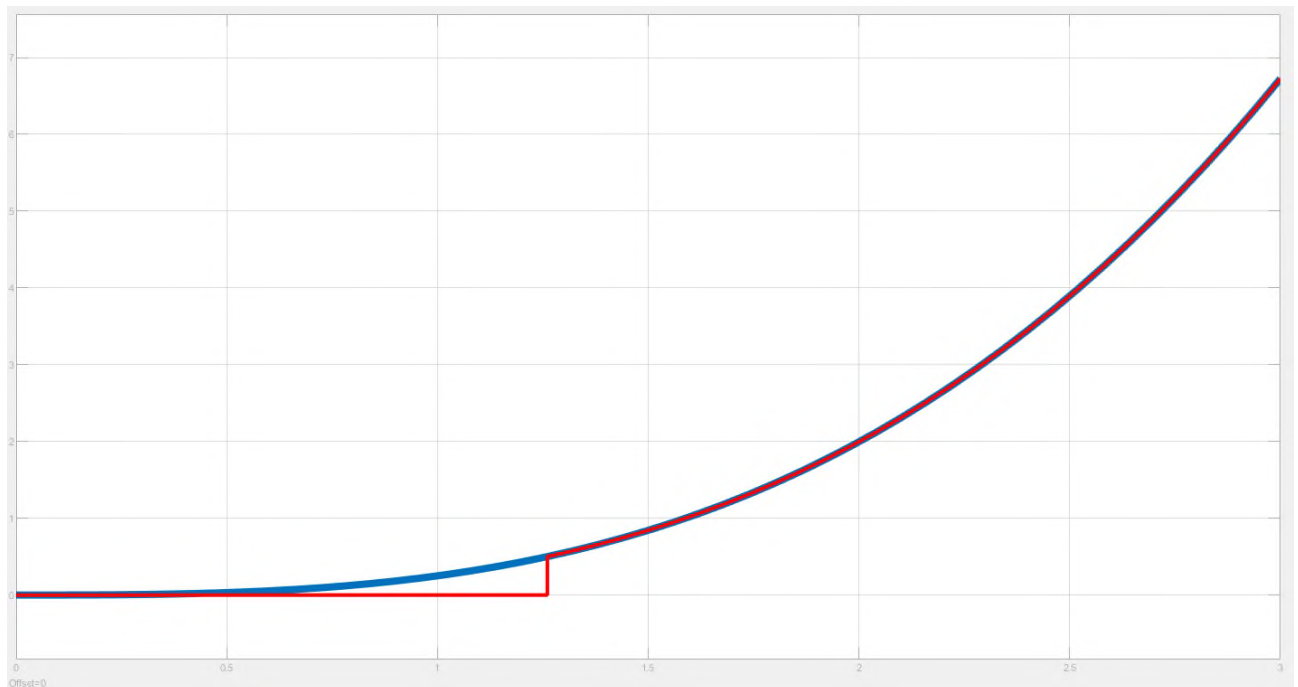


Рисунок 2.14 – Кутове переміщення при поданні лінійно зростаючого вхідного навантаження (синя крива) і покази датчика (червона крива)

Модель дозволяє досліджувати вплив способу подачі контрольного навантаження та параметрів вузлів стенду (маси, лінійних розмірів. Коефіцієнта тертя) на точність отримуваних результатів (див.рис. 2.15).

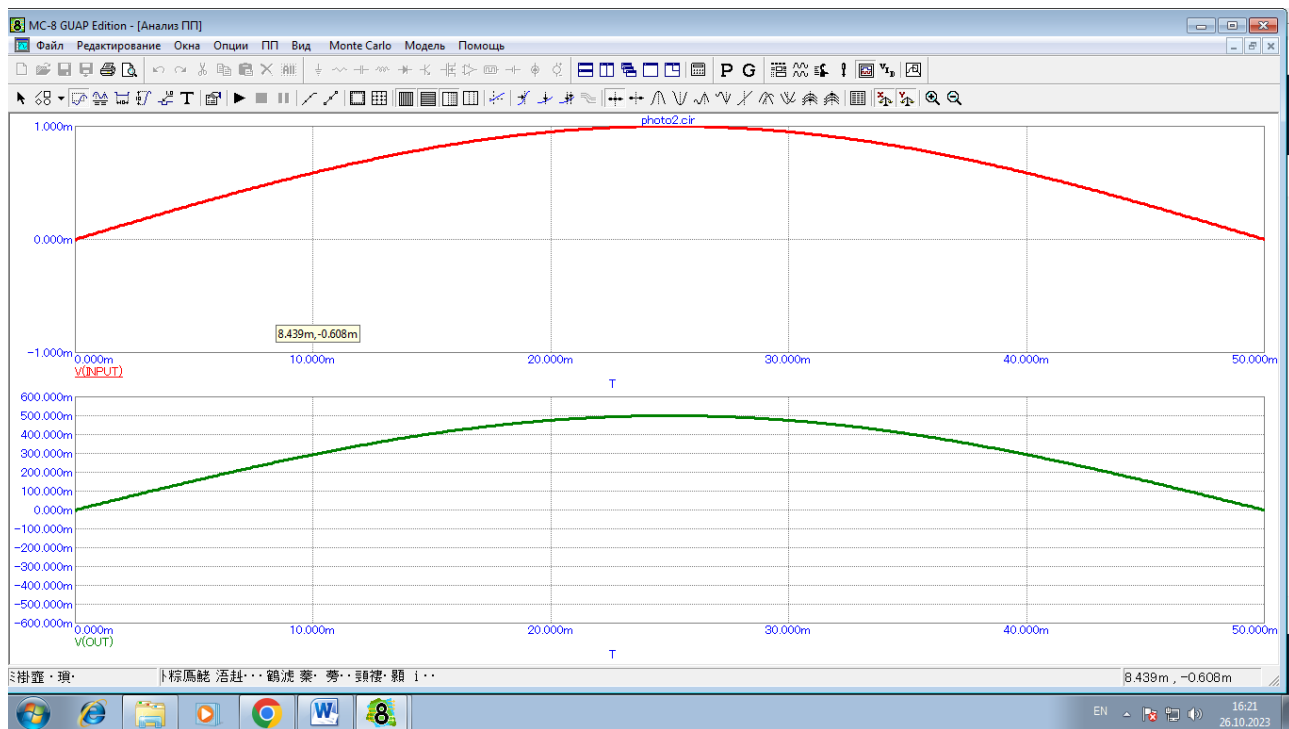


Рисунок 2.15 – Вхідний і вихідний сигнали

## 2.4 Об'єкт дослідження і тестування роботи спроектованого стенду

Функціонування стенду протестовано на вимірюванні моменту зрушення давача кута повороту, розробленого в Тернопільському національному технічному університеті. Його конструкція (див.рис. 2.16). Відчутний момент зрушення енкодера обумовлений особливостями його закріплення на валу – використанням гумових манжет для ущільнення.

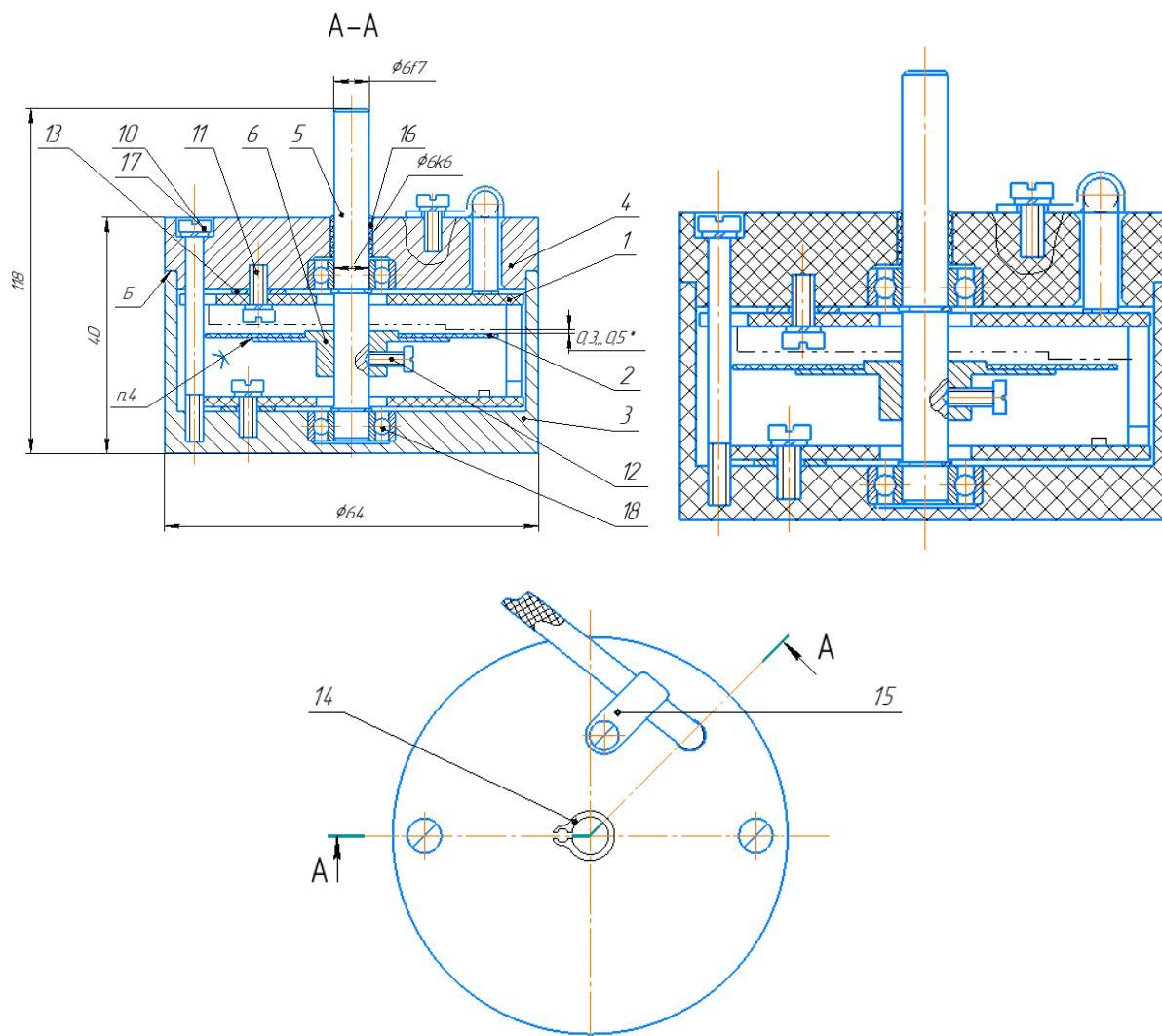


Рисунок 2.16 – Давач кута повороту

Наявність суттєвого моменту зрушення впливає на точність вимірювання. Тому в кожному конкретному випадку перед застосуванням даного пристрою за цільовим призначенням важливо протестувати його на нашому стенді на дотримання значень моменту зрушення в межах паспортних даних.

Більш розширену і детальну інформація розробленого енкодера можна знайти в довіднику [3].

### 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Виставлення нульової відмітки (зрівноваження коромисла)

Для балансування коромисла потрібно врахувати тертя підшипників кочення для цього ми застосовуємо пристосування у вигляді корпуса з двома підшипниками підшипники мають внутрішній діаметр 6мм приймаємо підшипник №1000096 [3]

Характеристика підшипників:

Обозначение подшипников	$d$	$D$	$B$	$r$	Шарики		Масса, кг	С, Н	С <sub>0</sub> , Н	n* пред. мин
					$D_w$	$z$				
1000096	6	15	5	0,4	2,38	8	0,0040	1 470	555	38

В ПТМ для підшипників кочення важливим параметром часто є момент тертя в підшипниках. В приладних підшипниках, які експлуатуються при невеликих навантаженнях, момент тертя приблизно можна визначити по формулі:

$$M_{TP} = k(1.5F_{ап} + 1.25F_{Rp}) \frac{D_{cp}}{d_k}$$

Де  $D_{cp} \approx \left(\frac{D+d}{2}\right)$  – діаметр центрів кульок;

$$D_{cp} \approx \left(\frac{15 + 6}{2}\right) = 10.5\text{мм}$$

$d_k$  – діаметр кульок;

$k$ -коефіцієнт тертя кочення;  $k=0.01\dots0.02$  – при радіальному навантаженні,  
 $k=0.03\dots0.04$  – при осьовому навантаженні;

$F_{ап}$ -так як в нас немає осьового навантаження ми його не враховуємо в розрахунках;

$F_{R\Pi}$  – розрахуємо радіальне навантаження. За допомогою графічного відображення підшипника на валі (див.рис. 3.1).

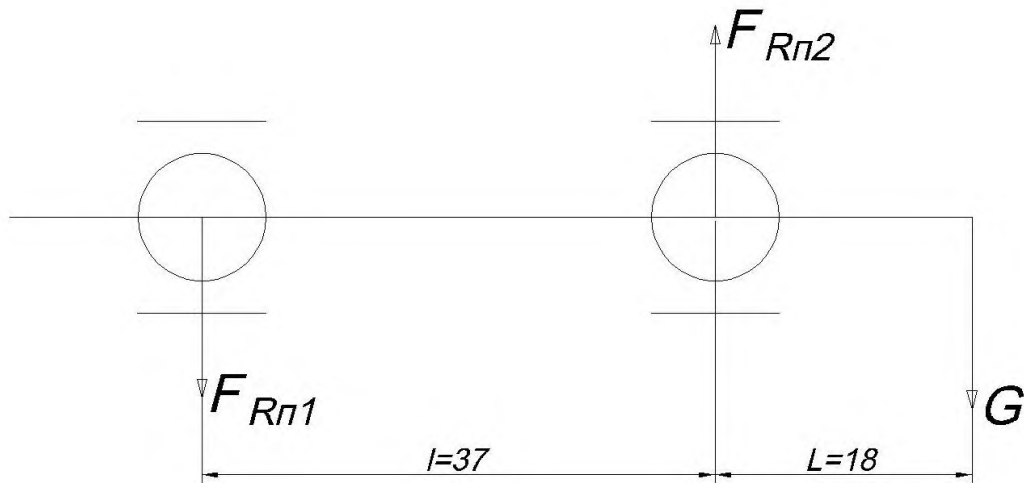


Рисунок 3.1 – Підшипники на валі

$F_{R\Pi1}$  –  $F_{R\Pi2}$  – навантаження підшипників;

$L$ -довжина вала до точки прикладання ваги;

$l$ - довжина між двома підшипниками;

$G$ -вага коромисла.

$$\sum M(1): G \cdot (37 + 18) - F_{R\Pi2} \cdot (37) = 0 \rightarrow F_{R\Pi2} = \frac{10 \cdot 55}{37} = 14.86\text{H}$$

$$\sum M(2): G \cdot 18 - F_{R\Pi1} \cdot (37) = 0 \rightarrow F_{R\Pi1} = \frac{10 \cdot 18}{37} = 4.86\text{H}$$

Перевірка на правильність розрахунків:

$$- F_{R\Pi1} + F_{R\Pi2} - G = 0; \rightarrow (-4.86) + 14.86 - 10 = 0$$

$$F_{R\Pi} = F_{R\Pi2} + F_{R\Pi1} = 4.86 + 14.86 = 19.72\text{H}$$

Звідси виходить що:

$$M_{TP} = k(1.5F_{ап} + 1.25F_{Rп}) \frac{D_{cp}}{d_k} = 0.01 \cdot 10^{-3} \cdot 1.25 \cdot 19.72 \cdot \frac{10.5}{2.38} =$$

$$= 1.087 \cdot 10^{-3} \text{Нм або } 0.001087 \text{Нм}$$

Як вже відмічалось в першому розділі діапазон найбільш поширених давачів моментів зрушення від 0.007-0.01Нм для стенда беремо розширений діапазон від 0.005-0.01Нм. З цього випливає що наш нижній поріг стенду буде в 4 рази нижчий.

### 3.2 Розрахунок зусилля навантаження на коромисло

За допомогою розрахункової схеми навантаження (див.рис. 3.2) орієнтуємося і розраховуємо мінімальна зусилля.

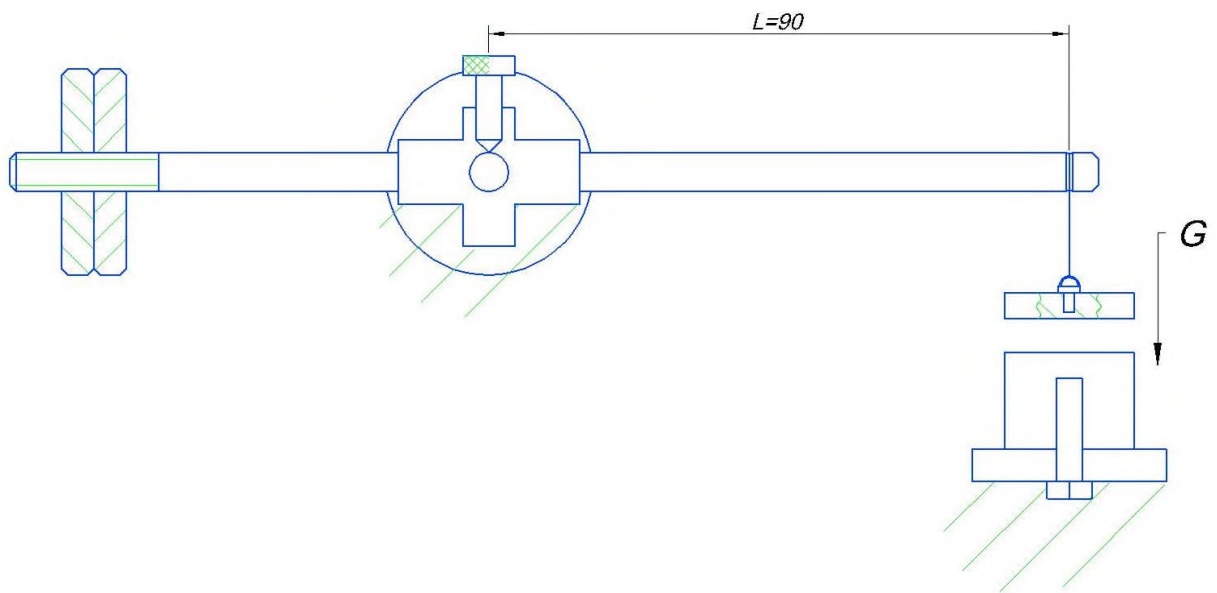


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема навантаження

Конструктивно приймаємо довжину важеля  $L=90$ мм.

Діапазон моменту зрушення найбільш поширених енкодерів коливається від 0.01-0.07Нм, для стенду беремо розширений діапазон 0.1Нм це максимальне

зусилля для моменту зрушення, а нам потрібно найти мінімальне, тому беремо точність в 10 раз меншу значить  $T_{кр} = 0.001\text{Нм}$  і находимо мінімальну G-силу дію з боку електромагніта.

$$G = \frac{T_{кр}}{L}$$

L- довжина правого важіля;

$T_{кр}$  – мінімальний момент зрушення;

$$G = \frac{0.001}{90 \cdot 10^{-3}} = 0.01\text{Н або } 1\Gamma$$



## 4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 4.1 Опис елементної бази

#### 4.1.1 Вибір мікроконтролера

Для того, Ми шукаємо мікроконтролер, що має вбудований аналого-цифровий перетворювач (АЦП), який буде зручним у використанні і має нижчу вартість порівняно з аналогічними контролерами без вбудованого АЦП. Також важливо, щоб мікроконтролер мав достатню кількість виводів для підключення всіх елементів, передбачених функціональною схемою.

Ми шукаємо мікроконтролер, який має USB інтерфейс для зручного підключення до ПК, а також I2C інтерфейс для підключення LCD-дисплея. Крім того, потрібно, щоб контролер мав 12-бітний АЦП.

Під дані вимоги найкраще підходить мікроконтролера фірми STMicroelectronics

STM32F373C8T6 . Основною перевагою мікроконтролерів STM32 є низька вартість розвинена периферія, що поєднується із можливістю безпосередньої обробки даних ядром архітектури ARM.

STM32F373C8T6 виграє відносно низькою ціною, високою швидкодією, великим обсягом внутрішньої пам'яті програм і оперативної пам'яті.

Оскільки в нашому застосуванні важлива точність і швидкодія АЦП, то для реалізації блоку керування застосуємо STM32F373C8T6 вигляд (див.рис. 4.1), блок-схема (див.рис. 4.2).

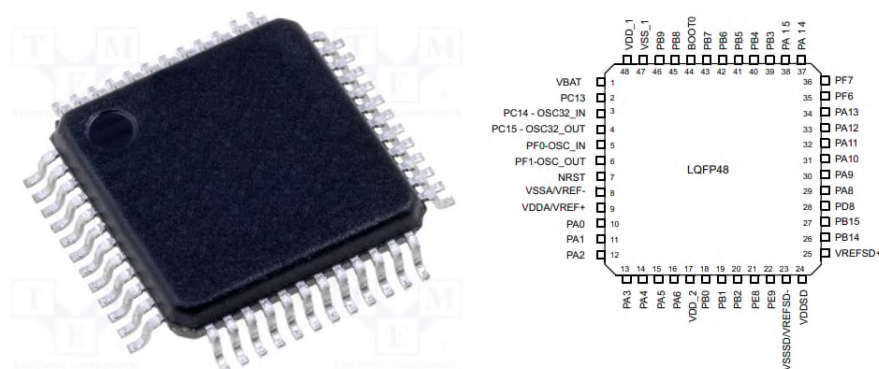


Рисунок 4.1 – Мікроконтролер STM32F373C8T6

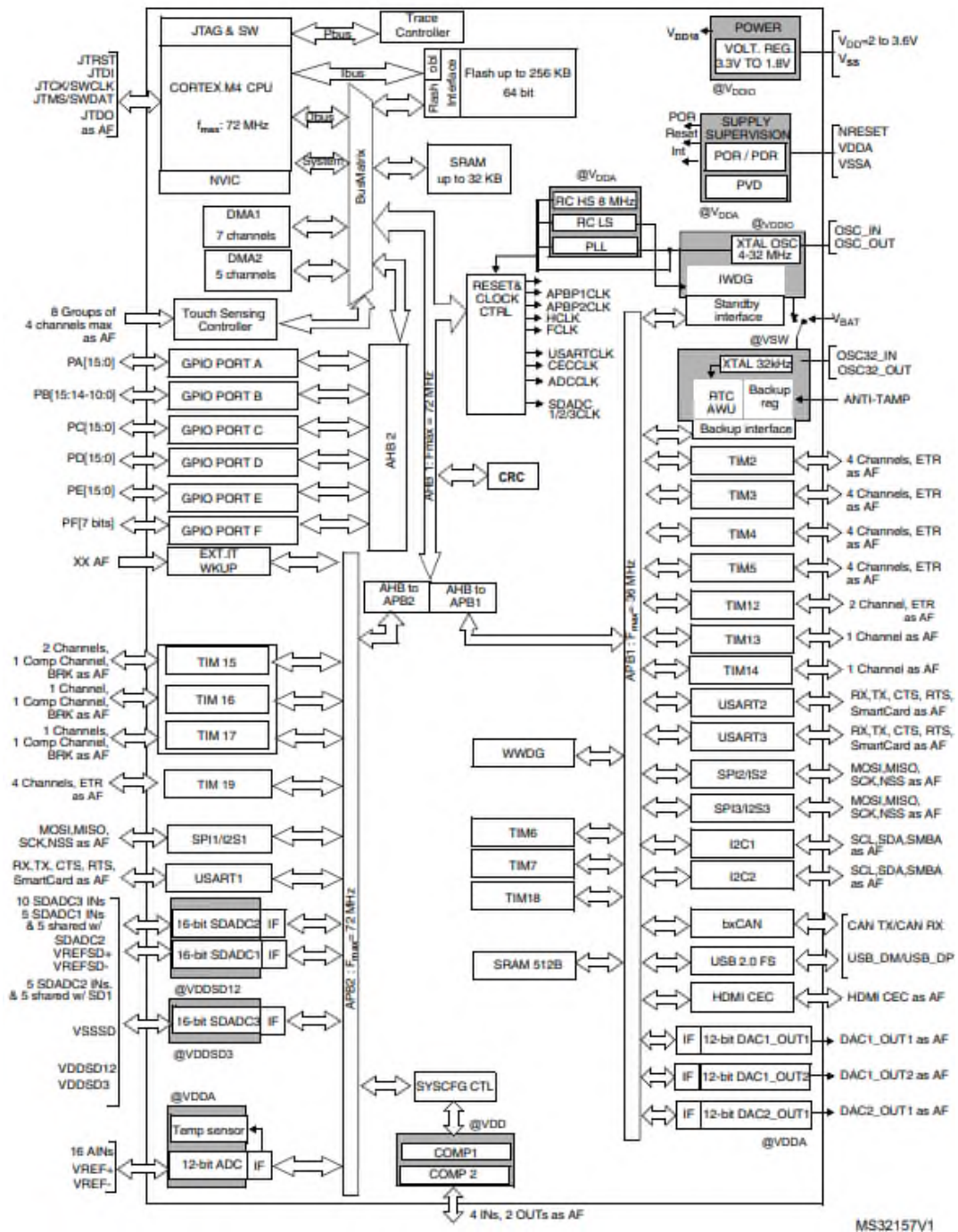


Рисунок 4.2 – Блок-схема

Сімейство STM32F73xx базується на високопродуктивному 32-розрядному RISC-ядрі ARM® Cortex®-M4, що працює на частоті до 72 МГц і містить модуль з плаваючою комою (FPU), блок захисту пам'яті (MPU) і Вбудований Trace Macrocell™ (ETM). Сімейство включає високошвидкісну вбудовану пам'ять (до 256 Кбайт флеш-пам'яті, до 32 Кбайт SRAM), а також широкий спектр

розширених ввідів/виводів і периферійних пристроїв, підключених до двох шин APB.

Пристрої STM32F373xx пропонують один швидкий 12-розрядний АЦП (1 Msps), три 16-розрядних сигма-дельта АЦП, два компаратори, два ЦАП (DAC1 з 2 каналами та DAC2 з 1 каналом), RTC низької потужності, 9 універсальних 16-бітні таймери, два 32-бітні таймери загального призначення, три базові таймери.

Вони також мають стандартні та вдосконалені інтерфейси зв'язку: два I2C, три SPI, усі з мультиплексованими I2S, три USART, CAN та USB.

Сімейство STM32F373xx працює в діапазоні температур від -40 до +85 °C і від -40 до +105 °C від джерела живлення від 2,0 до 3,6 В. Комплексний набір режимів енергозбереження дозволяє розробляти програми з низьким енергоспоживанням.

Сімейство STM32F373xx пропонує пристрої в п'яти корпусах від 48 до 100 контактів. Набір включених периферійних пристроїв змінюється залежно від вибраного пристрою (див.рис. 4.3). [4]

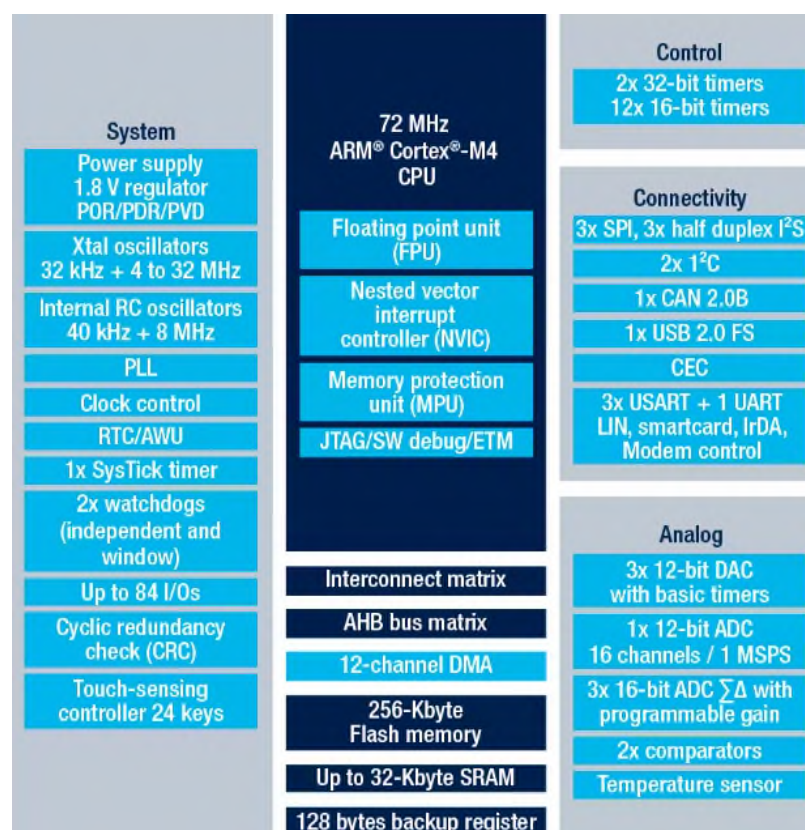


Рисунок 4.3 – Основні характеристики мікроконтролера STM32F373C8T6

Процесор ARM Cortex-M4 — це останнє покоління процесорів ARM для вбудованих систем системи. Він був розроблений, щоб забезпечити недорогу платформу, яка відповідає потребам MCU впровадження зі зменшеною кількістю пінів і низьким енергоспоживанням під час доставки видатна обчислювальна продуктивність і розширена відповідь на переривання.

#### 4.1.2 Вибір електромагніта

При виборі електромагнітів необхідно звертати увагу, щоб необхідне зусилля не перевищувало номінального зусилля електромагніту, а також слід їх оцінювати за конструктивними і електромагнітними показниками. Томі підбираємо електромагніт з зусиллям на відрив до 5кг (на запас).

Під данні вимоги найкраще підходить електромагніт LS-P25/20 (5KG) DC24V.

Цей електромагніт складається зі сталевого сердечника з подвійним покриттям від корозії, мідної котушки намотаної на каркас з нейлону та висновків виконані термостійким проводом (див.рис. 4.4). Електромагніт під напругою має сильну утримуючу силу. Він може бути встановлений в системах автоматизації обладнання, де треба притягувати об'єкти для зупинки або відновлення їх руху. Широко використовується в автоматизованих лініях для виробництва та розподілу: сортувальні машини, роботизовані конвеєри, випробувальне обладнання, шліфувальне обладнання та інші, де необхідна автоматизована обробка матеріалу або продукту на виробничій лінії. [5]

Технічні характеристики:

Номінальна напруга – 24 V

Споживаний струм -0.12 A

Зусилля на відрив - 5 кг

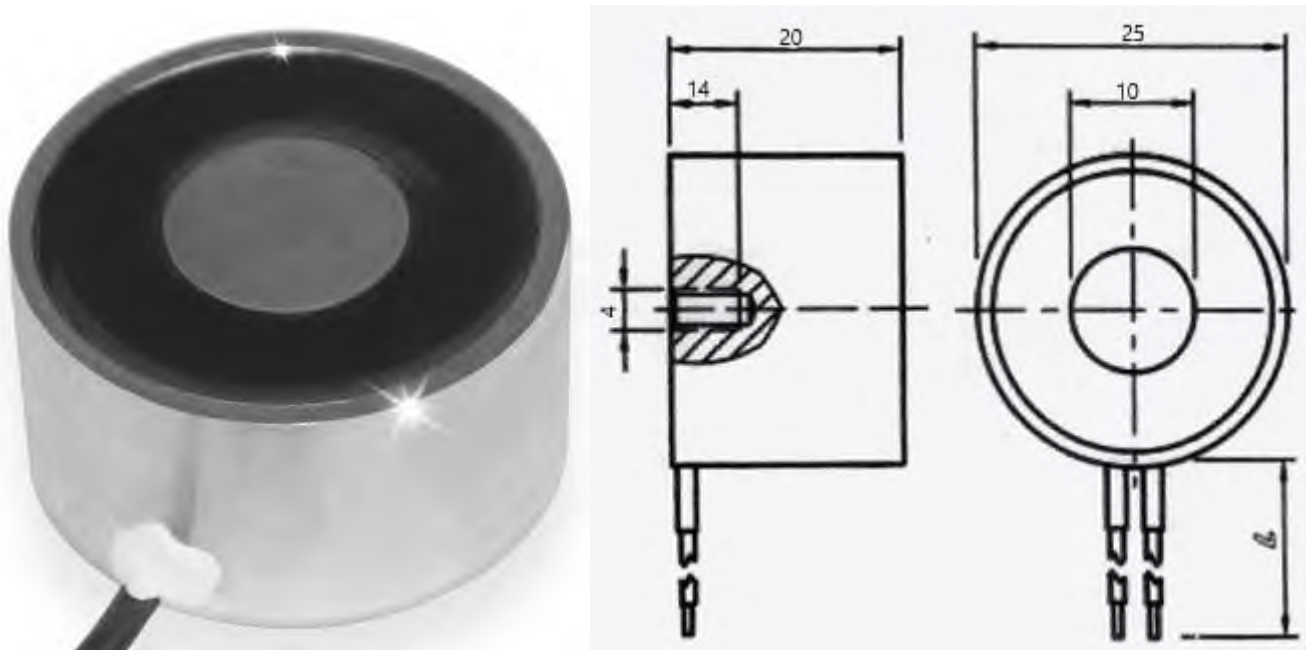


Рисунок 4.4 – Зовнішній вигляд електромагніта LS-P25/20 (5KG) DC24V

#### 4.1.3 Вибір LCD-Дисплея

При виборі LCD-дисплея ми звертаємо увагу на такі параметри, як вартість, розмір дисплея та підтримуваний інтерфейс. Ми пріоритетно розглядаємо менш вартісні варіанти дисплеїв. Задовільний розмір дисплея для наших потреб - приблизно 32 символи. Нам також необхідний дисплей з інтерфейсом I2C.

Відповідно до всіх вимог і параметрів, які ми враховували, ідеальним варіантом для нас є LCD-дисплей LCD 1602 16x2. Він відповідає нашим критеріям вартості, розміру дисплея і має підтримку інтерфейсу I2C. Цей дисплей доступний за ціною приблизно 130 грн.

LCD1602 I2C - компактний дисплей (див.рис. 4.5), який дозволить виводити інформацію в білому кольорі на синьому фоні з різних датчиків або виводити текстові повідомлення що є вкрай корисним у різних проектах в області робототехніки. Даний дисплей є найпривабливішим рішенням в своєму сегменті так як пропонує оптимальне співвідношення вартості і функціонала. На екран поміщаються 32 символи. Вагомою перевагою дисплея можна назвати наявність плати з послідовним I2C інтерфейсом, яка розташована в задній частині конструкції. Дана плата відкриває можливість працювати з мікроконтролером за допомогою двох дротів, якщо не враховувати дроти необхідні для забезпечення

живлення. На платі I2C інтерфейсу розташований потенціометр, який призначений для регулювання контрастності зображення. [6]

Технічні характеристики:

Дисплей LCD 2.6 дюйма

Живлення дисплею: 5В;

Робоча температура: 0 ~ 50 ° С;

Колір дисплею: синій;

Колір символів: білий;

Формат: 16 x 2;

Розміри точки: 0.5 x 0.5 мм;

Видима область: 64.5 x 13.8 мм;

Розміри: 80 x 36 x 11 мм.

Мікросхема i2c: PCF8574 (A);



Рисунок 4.5 –Зовнішній вигляд LCD-Дисплея LCD1602 I2C

## 4.2 Твердотільне моделювання розробленого стенду

### 4.2.1 Особливості і переваги твердотільного моделювання при формуванні геометричних моделей

Крім розрахунків функціональних характеристик окремих вузлів і проєктованого пристрою в цілому, доцільним є проєктування їх просторових характеристик (взаємного розташування, форми просторової протяжності, тощо). З цією метою звертаються до побудови геометричних моделей досліджуваних об'єктів, Переваги в випадку формування просторових геометричних моделей мають технології твердотільного проєктування. Об'єкти, виконані за допомогою даної технології, краще сприймаються у порівнянні з об'єктами, виконаними іншими способами.

При твердотільному моделюванні геометрична модель об'єкта формується набором оболонок, які можуть представляти як елементарні геометричні форми (частини площини, кулі, циліндра і т.п.), так і їх поєднання в одній компоненті. Поверхня модельованого об'єкта повністю описується оболонками, які відокремлюють внутрішній обсяг об'єкта від всього іншого простору. У твердотільному моделюванні процес побудови оболонки об'єкту аналогічний процесу виготовлення самого об'єкта, що моделюється. Спочатку створюється оболонка простої форми, яку потім вже підганяють під модель потрібним чином.

Переваги твердотільного моделювання:

Краще сприйняття створеної моделі користувачем.

Автоматичне формування креслень (одна з найголовніших переваг даної технології).

Доступність у внесенні змін і коригувань в моделі (шляхом корегування окремих деталей і використання шаблонів).

Доступність у інтегруванні з додатковими програмами (дозволяє скоротити час, використавши відразу отримані результати на наступних стадіях роботи).

Швидкість при проектуванні - твердотільне моделювання скорочує термін виконання проектування об'єкта, що позитивно впливає на швидкість повернення вкладених інвестицій.

Реалістичність створених геометричних форм, що опирається на граничний і конструктивний методи уявлень.

Завдяки переліченим можливостям твердотільне моделювання визнано найшвидшим, якісним і ефективним методом при проектуванні складних об'єктів.

З врахуванням сказаного розробимо твердотільне моделювання стенду для дослідження моменту зрушення давачів кутового переміщення за допомогою його креслення (див.рис. 4.6).

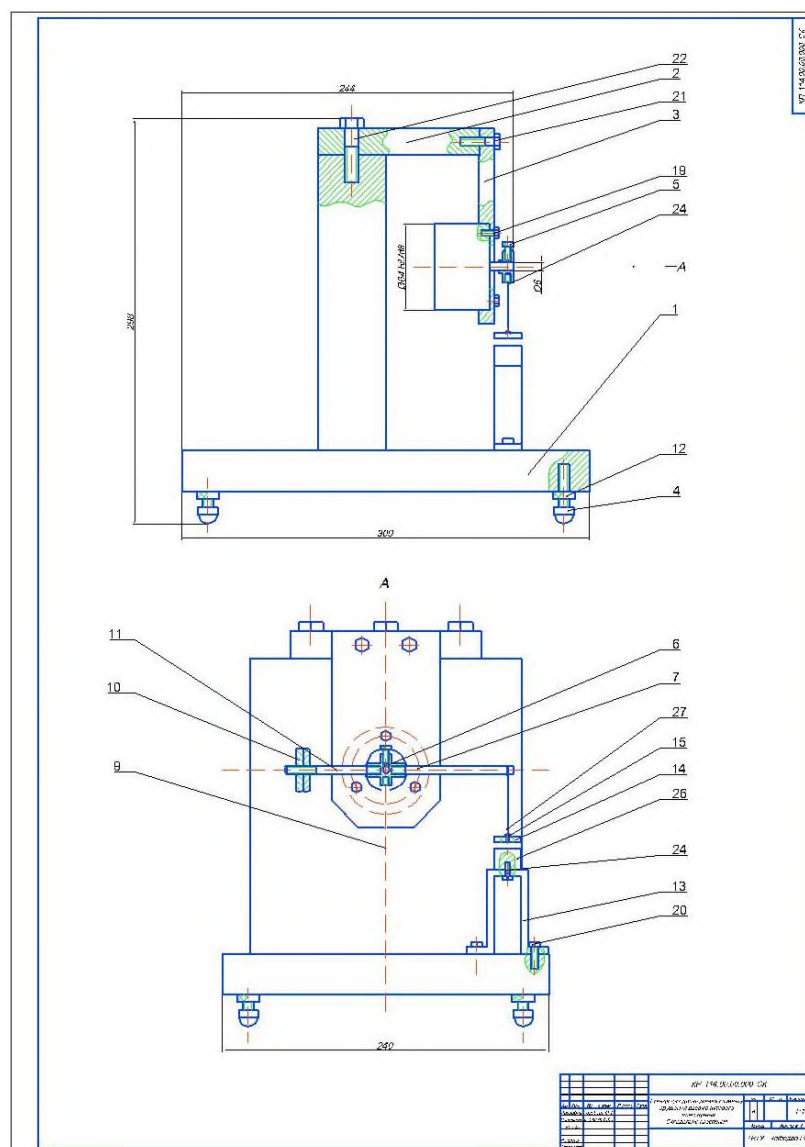


Рисунок 4.6 – Стенд для дослідження моменту зрушення



### 4.2.2 Побудова двовимірних ескізів в SolidWorks

Початок процесу побудови геометричних моделей в SolidWorks починається з створення ескізу, а створення ескізу починається з вибору конструктивної площини, в якій будуватиметься цей двовимірний ескіз. За потреби на основі побудованого ескізу можна відтворити об'ємну модель. При створенні ескізу доступний повний набір геометричних побудов та операцій редагування. Необов'язково точно встановлювати всі розміри на цьому етапі, приблизне дотримання конфігурації ескізу достатньо. Масштабування можете бути змінене пізніше, а також можна застосувати зв'язки, що обмежують взаємне розташування елементів ескізу.

### 4.2.3 Побудова тривимірних ескізів в SolidWorks

Для полегшення роботи з тривимірною моделлю та забезпечення її наочності у SolidWorks використовується Дерево конструювання у стилі Провідника Windows (див.рис. 4.7).

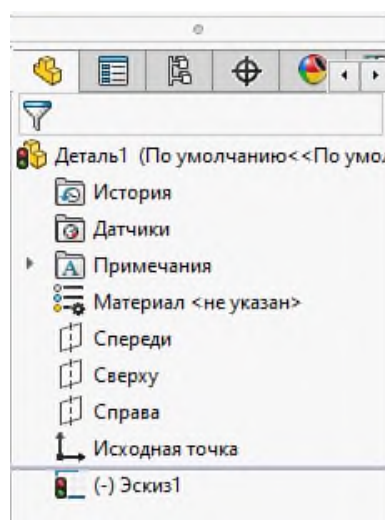


Рисунок 4.7 – Дерево конструювання SolidWorks

Воно є своєрідною графічною картою моделі, що послідовно відображає всі геометричні примітиви, які були використані при створенні деталі, а також конструктивні осі та допоміжні площини, на яких створювалися двовимірні ескізи. У режимі складання Дерево конструювання показує список вихідних

примітивів і зазвичай відображається в лівій частині вікна SolidWorks. Це дає можливість зручно редагувати структуру моделі чи вузла, перевизначати порядок проходження окремих конструктивних елементів або цілих вузлів, створювати в межах деталі або складання кілька варіантів конфігурації якогось елемента і т.д.

SolidWorks використовує праву систему координат (ПСК), де вісь X зліва направо, вісь Y - вгору, а вісь Z - в глибину екрану. У графічній області площина XY, XZ та YZ відображаються відповідно від центральної осі. Початковий вибір тієї чи іншої площини не має суттєвого значення, але таке просторове орієнтування дозволяє орієнтувати створювані елементи у трьох напрямках. Крім того, побудову ескізу можна починати із задання власної орієнтації осей. У кожному ескізі є своя вихідна точка, тому в деталі зазвичай буває декілька вихідних точок. Вона відображається червоним кольором у відкритому ескізі та допомагає визначити координати його точок. Тому відображення вихідної точки на відкритому ескізі, відключати не можна. Створення будь-якого ескізу рекомендується починати з вихідної точки, тоді елементи автоматично здійснюють прив'язку до неї та не вимагають додаткових взаємозв'язків для повного визначення ескізів. Для орієнтації площини ескізу у просторі на екрані у графічній області відображається система координат (див.рис. 4.8).

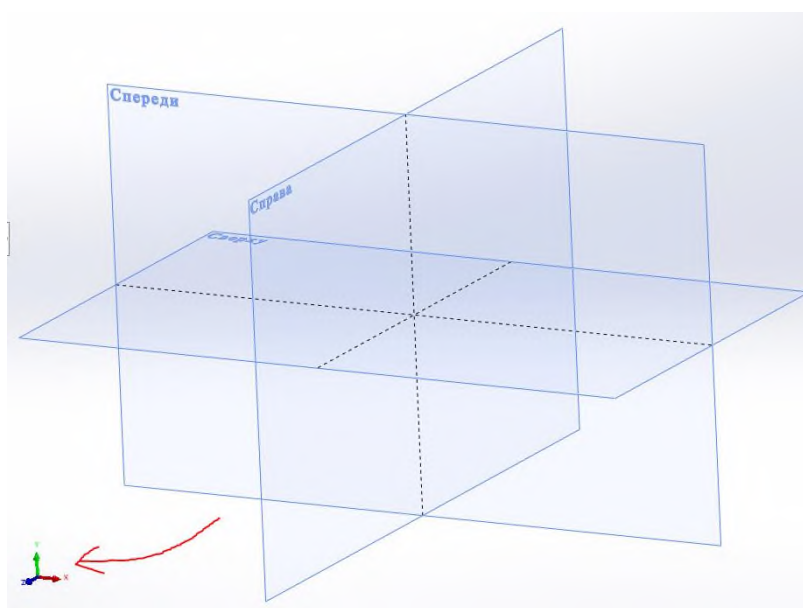


Рисунок 4.8 – Система координат SolidWorks

В SolidWorks система координат використовується для орієнтації в просторі при перегляді моделей як у документах деталей, так і складаннях. Вона призначена для довідки і не може бути використана як точка формування. Систему координат можна приховати або змінити її колір. Під час обертання площини з ескізом, тріада також обертається та показує поточне просторове положення площини ескізу.

Під час створення ескізу потрібно дотримуватися замкнутих контурів і не допускати перетину деталей. У SolidWorks можна створити кілька замкнених контурів в одному ескізі, що дозволяє формувати деталь з декількох примітивів. При витягуванні ескізу потрібно вказати розташування матеріалу в контурах, а при незамкнутому контурі, зазначити тонкостінність елемента.

Під час створення ескізів можна додавати, вилучати та копіювати один і більше об'єктів як з одного ескізу в інший, так і всередині одного ескізу. У процесі створення постійно з'являються лінії формування, які взаємодіють з покажчиками, прив'язками та взаємозв'язками, щоб графічно відобразити взаємовплив об'єктів один на одного.

Лінії формування, що виникають під час створення ескізу, використовуються як орієнтир відносно існуючих об'єктів ескізу. Вони позначаються пунктиром і разом із покажчиками, прив'язками та взаємозв'язками, графічно відображають взаємовплив зображуваних об'єктів.

Двовимірні ескізи можна створювати у площинах або на існуючих гранях деталі, а тривимірні - у тривимірному просторі. Після запуску програми та створенні нового файлу, необхідно вибрати Деталь у вкладці Шаблони. У режимі Ескіз (див.рис. 4.9) звертаємось до меню команд з опцією Налаштування меню, щоб налаштувати вигляд списку. Нижче розташована стрічка Менеджери команд.

Для створення ескізу можна використовувати примітиви - геометричні фігури, більшість з яких можуть бути налаштовані за потребою, для цього потрібно відкрити випадаюче меню і вибрати потрібні параметри.



Рисунок 4.9 – Створення ескізу на площині

Також є можливість створювати додаткові площини за допомогою трьох точок, точки та прямої або шляхом використання поверхонь/граней вже створених об'ємних тіл (див.рис. 4.10).

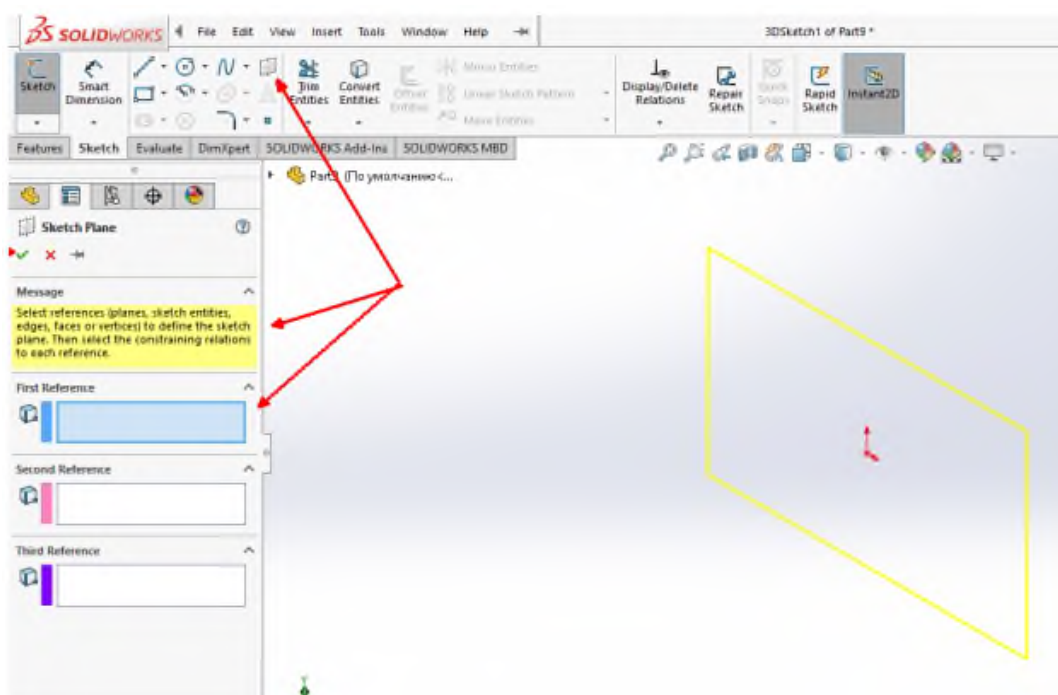


Рисунок 4.10 – Створення додаткових площин

На початку для створення ескізу, обирають площину Спереду, Зверху або Праворуч в Дереві конструювання або безпосередньо в графічному вікні. Програма переходить в режим створення ескізу після натискання кнопки "Ескіз".

Якщо площина не була вибрана заздалегідь, вимога про її вибір буде пред'явлена після натискання кнопки "Ескіз".

#### **4.2.4 Створення просторових моделей твердих тіл на основі їх 2D ескізів.**

Існує кілька основних методів, за допомогою яких можна створити просторові моделі твердих тіл на основі їх 2D ескізів. Ці методи можуть використовуватися як альтернативно так і доповнювати один одного в процесі проектування складних деталей:

1. Витягування - один з найпростіших методів створення просторових моделей твердих тіл, яке полягає у витягуванні ескізу в одному або двох напрямках. Цю команду активують за допомогою кнопки "Витягнута бобишка/основа" на панелі інструментів "Елементи". Функціональність команди полягає у заповненні віртуального об'єму, що описується контуром ескізу при паралельному переміщенні. Витягування ескізу можна також здійснювати під кутом, що дозволяє формувати тверде тіло у формі конуса. Крім того, можна створити тонкостінну деталь, задавши товщину стінки при виконанні команди.

2. Обертання - це ще один поширений метод створення 3D зображення твердого тіла на основі його ескізу. Кнопка Обернути бобишку/основа на панелі інструментів Елементи запускає цю команду. При виконанні команди ескіз повертається навколо вказаної осі, а простір, що описується контуром ескізу, заповнюється віртуальним матеріалом твердого тіла. Ескіз деталі для обертання повинен містити контур деталі та вісь обертання. Обертання може бути виконано на будь-який кут навколо осі, навіть до 360 °.

3. Оформлення вирізів. У SolidWorks можна використовувати ті ж інструменти для створення вирізів та отворів, що й для формування просторового зображення твердого тіла. Команди для оформлення вирізів розташовані на панелі інструментів "Елементи", або їх можна знайти у меню "Вставка/Виріз". У SolidWorks існують два основних види вирізів: витягнутий та повернутий, які можна створити за допомогою відповідних команд.

Створення вирізів у SolidWorks здійснюється за допомогою аналогічних операцій, що й формування просторового зображення твердого тіла за виключенням заповнення об'єму, утвореного переміщенням контуру віртуальним матеріалом.

SolidWorks має багато додаткових функцій, які дозволяють формувати окремі елементи деталей. Ці можливості включають фаски, заокруглення, ухили, а також можливість створювати масиви елементів (лінійний або круговий) та виконувати дзеркальне відображення.

Команда "Заокруглення" в SolidWorks активується через кнопку з відповідною назвою на панелі інструментів "Елементи". Вона дозволяє закруглити будь-яку виділену кромку деталі, просто вказавши її та задавши бажаний радіус.

Команда Фаска дозволяє зняти фаску з виділеної кромки деталі і активується натисканням на відповідну кнопку на панелі інструментів Елементи. Для побудови фаски потрібно задати параметри, такі як кут або розміри у двох напрямках.

Команда Купол дозволяє перетворити одну з граней об'ємної деталі на увігнутий або опуклий купол. Щоб використати цю команду, необхідно натиснути кнопку Купол на панелі інструментів Елементи та встановити відстань, на яку має відбутися витягування купола.

Команди Нахил в SolidWorks може змінювати кути між гранями деталі. Цю команду можна активувати, натиснувши кнопку Нахил на панелі інструментів Елементи. Далі потрібно вказати тип та кут ухилу, а також вибрати грань деталі, положення якої у просторі має змінитись.

Оболонка - це команда, що дозволяє перетворити "тверду" деталь на "порожню" за допомогою видалення однієї або декількох граней. Після застосування команди, залишені грані перетворюються на тонкостінні. Крім того, за допомогою цієї команди можна побудувати "замкнену порожнисту" деталь. Кнопка Оболонка знаходиться на панелі інструментів Елементи.

Команди масиву дозволяють значно прискорити процес конструювання

деталей, дозволяючи тиражувати раніше створені елементи. Команда "Круговий масив" застосовується для проектування деталей з багатьма елементами, що повторюються по колу. Елементи створюються шляхом дублювання твірного елемента, і для цього потрібно вказати кількість повторів та вісь масиву. Команда "Лінійний масив" може бути використана для повторення зображень раніше створених елементів деталі в двох напрямках. Для її виконання слід вказати копіюваний елемент та інтервали між елементами в кожному з напрямків.

Команда Дзеркальне відображення є корисним інструментом при проектуванні симетричних деталей. За її допомогою можна побудувати другу половину деталі шляхом її дзеркального відображення, що значно спрощує процес конструювання. Замість того, щоб будувати повну деталь, достатньо побудувати лише її половину, а потім використовувати команду Дзеркальне відображення для отримання повної симетричної деталі.

Зазначені методи побудови деталей та їх компонентів можна використовувати як окремо, так і в комбінації для побудови складних деталей в допоміжній функції роботи з твердими тілами (див.рис. 4.11).

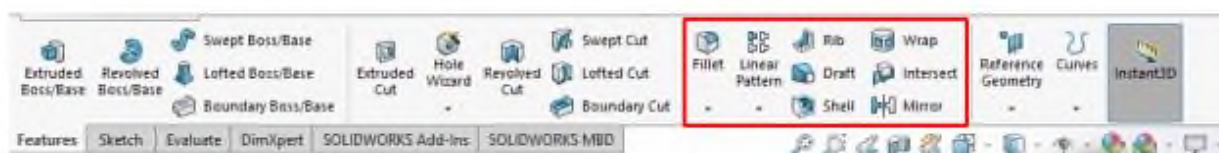


Рисунок 4.11 – Допоміжні функції роботи з твердими тілами

Далі можна використовувати допоміжну геометрію програми (створювати площини, точки, осі (див.рис. 4.12 а) б)) і створювати криві в просторі та на твердих тілах.

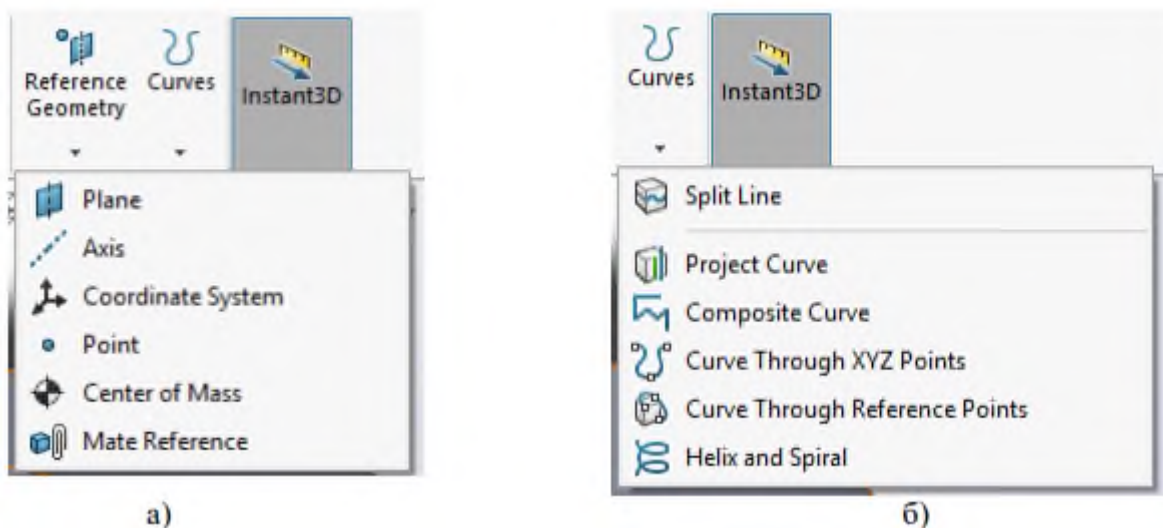


Рисунок 4.12 – а) допоміжна геометрія, б) просторові криві

Над побудованими плоскими і просторовими об'єктами можна виконувати низку операцій: використати вкладення «Оцінка», щоб перевірити створені об'єкти на різноманітні параметри, такі як товщина, кривизна, завихреність; проводити симуляцію прикладання навантаження, визначати матеріали, з яких вони виконані і розраховувати масу (див.рис. 4.13).

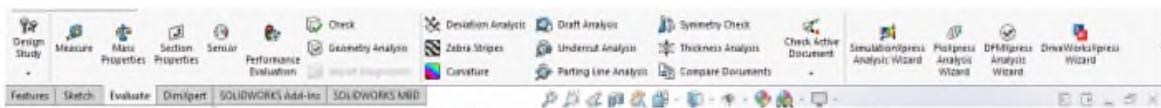


Рисунок 4.13 – Оцінка моделей

У вкладці "Додатки" можна використовувати різноманітні інструменти для моделювання, такі як симуляції, анімація, та додавання навантажень до побудованих тіл (див.рис. 4.14). Однак для цих цілей рекомендується використовувати спеціалізовані середовища, такі як Ansys, Abaqus тощо. Моделі, побудовані в середовищі Solid, можуть бути імпортовані до цих програм для подальшого редагування (файли з розширеннями \*.SLDPRT, \*.dwg, \*.stp, \*.x\_t)



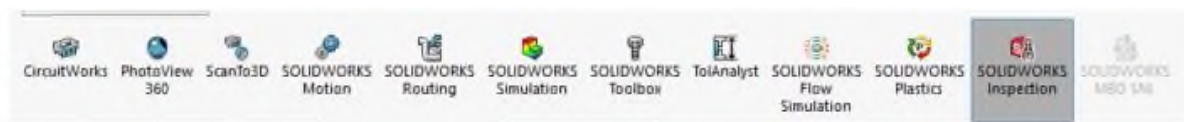


Рисунок 4.14 – Меню моделювання і симуляції

Перечислені вище команди і операції були використані для побудови твердотільної моделі розробленого в даному дипломному проекті стану для вимірювання моменту зрушення (див.рис. 4.15).

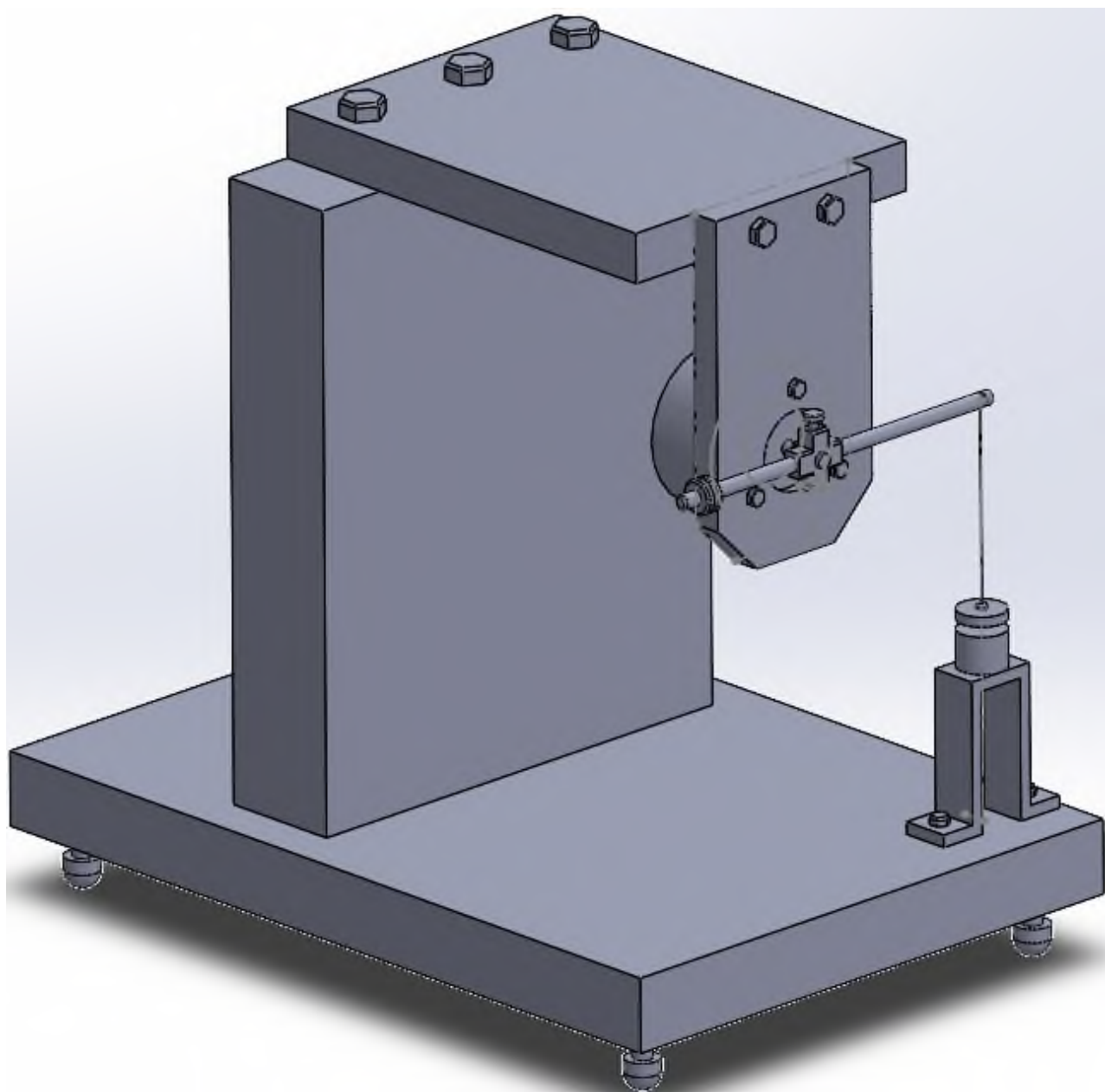


Рисунок 4.15 – 3D візуалізація готового Стенда для дослідження моменту зрушення давачів кутового переміщення.

**Висновок**

Побудована твердотільна модель розробленого стенду дозволяє користувачу оцінити просторові характеристики пристрою в цілому, а також і окремих його робочих вузлів. Вона може служити уточненням для робочої інструкції спроектованого приладу.

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **5.1 Охорона праці**

#### **5.1.1 Пожежна безпека в лабораторії**

##### **Основи пожежі на виробничих об'єктах.**

**Пожежа** – неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі та створює загрозу життю і здоров'ю людей, навколишньому середовищу, призводить до матеріальних збитків.

##### **Основні причини пожеж:**

- електротехнічні – короткі замикання в електромережах, неспрацювання систем захисту на початкових етапах розвитку НС, зростання величини струму і загоряння кабелів, провідників ін.
- загоряння газу внаслідок руйнування газових магістралей будівель і споруд;
- запалення легкозаймистих рідин (ЛЗР), горючих рідин (ГР) та твердих горючих матеріалів;
- необережне поводження з вогнем (паління, використання відкритого полум'я);
- розряди блискавки, статична електрика, самозаймання, випадкове фокусування сонячних променів на горючих матеріалах, іскри тощо.

**Горіння** – це екзотермічна реакція окислення речовини, яка супроводжується виділенням диму, виникненням полум'я і світінням. Горіння буває гомогенним та гетерогенним.

У всіх випадках для горіння характерні три стадії: виникнення, поширення та згасання полум'я.

**За походженням та деякими зовнішніми особливостями розрізняють такі форми горіння:**

- спалах – швидке згоряння горючої суміші без утворення стиснених газів, яке не переходить у стійке горіння;

- займання – горіння, яке виникає під впливом джерела запалювання; — спалахування – займання, що супроводжується появою полум'я;
- самозаймання – горіння, яке починається без впливу джерела запалювання (теплове, мікробіологічне, хімічне);
- самоспалахування – самозаймання, що супроводжується появою полум'я;
- тління – горіння без випромінювання світла, що, як правило, розпізнається за появою диму.

### **Основні засоби і заходи забезпечення пожежної безпеки виробничого об'єкту.**

Відповідно до ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ (система стандартів безпеки праці) вибухопожежна безпека об'єкта забезпечується системами:

- попередження вибухів і пожеж;
- протипожежного та противибухового захисту;
- організаційно-технічних заходів.

### **Пожежна сигналізація.**

Головною умовою для успішної ліквідації пожежі є швидке повідомлення пожежно-рятувальної служби про виникнення загоряння.

Для виклику пожежної команди на кожному об'єкті має бути телефонний або радіозв'язок.

Для швидкого повідомлення про пожежу облаштовують електричну пожежну сигналізацію, яка виявляє займання на початковій стадії, що забезпечує успішну боротьбу з вогнем.

**До автоматичних систем пожежної сигналізації належать:** теплові, димові, світлові й комбіновані сповіщувачі.

Кожну точку приміщення, яка потребує захисту від пожежі, має контролювати не менш як два автоматичних пожежних сповіщувачів.

### **Дії персоналу при виникненні пожежі.**

Успіх гасіння пожежі залежить від ступеня підготовки об'єкта та навченості персоналу до дій в цих екстремальних умовах.

У разі появи ознак загоряння (диму, запаху, полум'я) кожен працівник має негайно повідомити про це органи пожежної охорони (101), керівника або посадову особу підприємства, а також задіяти систему оповіщення і вжити відповідних заходів щодо евакуації людей, а надалі приступити до гасіння пожежі та збереження матеріальних цінностей.

Персонал об'єкту має добре знати ознаки пожежі, а при їх появі знати свої дії, визначені посадовими інструкціями з пожежної безпеки.

До прибуття пожежно-рятувальної служби об'єктові добровільні пожежні дружини (ДПД) мають викликати фахівців для відключення силової і світлової електричної мережі, приточно-витяжну вентиляцію, припинити живлення технологічного обладнання пожежонебезпечними речовинами та задіяти наявні засоби пожежогасіння.

Між членами ДПД, для оперативної і злагодженої дії, завчасно розподіляються обов'язки, які відображаються в таблиці оперативного розрахунку, який є додатком до оперативного плану пожежогасіння.

Посадова особа об'єкта до прибуття пожежно-рятувальної служби має видалити за межі небезпечної зони всіх працівників, що не беруть участь у ліквідації пожежі і задіяти всі наявні засоби та сили на ліквідацію загоряння.

Для успішної ліквідації загорянь у початковий період велике значення має наявність, справність, та правильне утримання засобів пожежогасіння, а також достатнє знання персоналом їхніх тактико-технічних даних та правил користування ними.

До прибуття підрозділів пожежно-рятувальної служби на персонал об'єкта покладаються тільки обов'язки щодо, описаних вище, первинних дій.

### 5.1.2 Захисні заходи від ураження електричним струмом. Заземлення

Розрізняють такі види дії електричного струму на організм людини: біологічна, термічна, електрохімічна(електролітична), механічна дія струму.

Наведені види дії електричного струму можуть призвести до негативних наслідків, тобто електричних травм.

**Електрична травма** – це пошкодження, спричинене впливом електричного струму (травма в перекладі з грецької – пошкодження, рана). Електричні травми поділяються на 2 види: місцеві травми і загальні.

**Місцеві** – коли виникає місцеве ушкодження організму.

**Загальні травми**, або так звані електричні удари, коли уражається (або створюється загроза ураження) усього організму через порушення нормальної діяльності і життєво важливих органів та систем.

#### Класифікація загальних електричних травм

Залежно від наслідків ураження, електричні удари можна поділити на такі 5 ступенів:

- I – судомне, ледве відчутне скорочення м'язів;
- II – судомне скорочення м'язів, що супроводжується сильними болями, але без непритомності;
- III – судомне скорочення м'язів із втратою свідомості, але зі збереженням дихання та роботою серця;
- IV – втрата свідомості і порушення серцевої діяльності чи дихання;
- V – клінічна смерть.

Тіло людини є провідником електричного струму, але електропровідність біологічної тканини своєрідно відрізняється від провідності металів, електролітів, газів. При проходженні електричного струму, тіло людини стає додатковою гілкою електричної мережі. Водночас організм людини можна віднести і до групи своєрідних полімерів-біополімерів, який можна прирівняти до провідності напівпровідників.

**Електронебезпечність** – комплекс заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої дії електричного струму.

**Чинники, від яких залежить важкість ураження електрострумом:**

- сила та величина напруги струму;
- електричний опір тіла людини і тривалість проходження через нього;
- характер струму (змінний, постійний);
- індивідуальні особливості людини та умови навколишнього середовища;
- шлях проходження електричного струму в тілі людини.

**Технічні засоби електронебезпечності.**

Технічні засоби електронебезпечності охоплюють: ізоляцію струмопровідних частин, захисне заземлення, занулення, захисне вимикання, електричне розділення, загороджувальні пристрої, запобіжну сигналізацію, блокування. Знаки безпеки, засоби індивідуального захисту тощо.

Заходи захисту від ураження електричним струмом повинні бути достатніми і реалізованими під час виготовлення електрообладнання або в процесі монтажу електроустановки чи в обох випадках.

**Ізоляція** – захист струмоведучих елементів обладнання, що забезпечує її нормальну роботу і захист від ураження електричним струмом.

**Заземлення** - це процес створення електричного зв'язку між електричною установкою або пристроєм і землею, щоб забезпечити безпечну роботу та захист від можливих надструмів. Основні вимоги до заземлення включають такі аспекти:

- **Електрична стійкість:** Заземлення повинно мати низький опір, щоб забезпечити швидкий відведення струму в землю і уникнути накопичення електричної енергії.
- **Захист від струму короткого замикання:** Заземлення повинно забезпечувати ефективне відведення струму короткого замикання в землю, щоб запобігти пошкодженню обладнання та забезпечити безпеку.

- **Захист від статичної електрики:** Заземлення повинно відведення накопиченої статичної електрики, що може виникати під час роботи з певними матеріалами або процесами.
- **Електромагнітна сумісність:** Заземлення слід застосовувати для зменшення електромагнітних перешкод та спрощення електричних сигналів.

**Занулення (заземлення)** виконує кілька функцій з метою захисту людей, обладнання та систем від небезпек, пов'язаних з електричними струмами.

Опір заземлюючого пристрою повинен бути не меншим ніж 4 Ом. Перевіряється один раз на три роки. Кожен заземлюючий пристрій повинен мати паспорт. Діелектричні захисні засоби (рукавиці, інструменти з ізольованими ручками, килимки) перевіряються раз на рік. Персонал, що обслуговує електроустановки, повинен бути фізично здоровим, раз на рік проходити медогляд, щорічну атестацію і мати четверту кваліфікаційну групу з електробезпеки.

**Техніка безпеки під час користування електроприладами і надання першої медичної допомоги в разі ураження електричним струмом.**

Під час користування електроприладами треба дотримуватись низки запобіжних заходів:

- перед включенням електроприладу необхідно візуально перевірити електрошнур на наявність механічних пошкоджень;
- електроприлади повинні бути надійно заземлені згідно з правилами установки приладу;
- забороняється працювати з електроприладами вологими руками;
- не можна залишати електроприлад без нагляду довгий час;
- при виявленні або виникненні несправності в електроприладі негайно викликати електрика, що обслуговує прилад;
- категорично заборонено виконувати будь-які ремонтні роботи самостійно.



Рятування життя людини, ураженої струмом, у багатьох випадках залежить від швидкості і правильності дій осіб, що здійснюють допомогу. Передусім потрібно якнайшвидше звільнити потерпілого від дії електричного струму. Якщо неможливо відключити електричне обладнання від мережі, потрібно відразу взятися за звільнення потерпілого від струмоведучих частин, не торкаючись при цьому потерпілого.

Заходи долікарської допомоги після звільнення потерпілого залежать від його стану. Її потрібно надавати негайно, по можливості на місці події, одночасно викликавши медичну допомогу. Якщо потерпілий не знепритомнів, потрібно забезпечити йому на деякий час спокій, не дозволяючи рухатися до прибуття лікаря. Якщо потерпілий дихає рідко і судорожно, але прослуховується пульс, потрібно негайно зробити йому штучне дихання. При зупинці дихання, розширенні зіниць і посинінні шкіри потрібно робити штучне дихання та непрямий масаж серця.

Надавати допомогу необхідно до прибуття лікаря, оскільки є багато випадків, коли штучне дихання і непрямий масаж серця повертали потерпілих до життя. [7, 8]

## 5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

### 5.2.1 Підвищення стійкості роботи об'єктів приладів будівельної галузі під час воєнного стану

Підвищення стійкості роботи об'єктів приладів будівельної галузі під час воєнного стану є важливим завданням для забезпечення безпеки і функціонування інфраструктури в умовах кризи. Можливі заходи, які можуть бути реалізовані:

#### **I. Розробка та впровадження планів екстрених ситуацій:**

- Проведення аналізу загроз, які можуть виникнути в умовах воєнного стану, таких як обстріли, терористичні акти, хімічні або біологічні загрози.
- Розробка детальних планів дій, включаючи кроки для евакуації, захисту персоналу, збереження важливих документів та даних, ізоляцію важливих зон.
- Призначення відповідальних осіб та створення екстрених команд для керування ситуацією в разі виникнення надзвичайної ситуації.
- Регулярне проведення аудитів екстрених планів для перевірки їх актуальності та відповідності новим загрозам чи змінам в інфраструктурі.

Цей захід сприяє готовності та ефективному реагуванню на екстрені ситуації, забезпечуючи максимальну стійкість об'єктів будівельної галузі під час воєнного стану.

#### **II. Захист інфраструктури:**

- Забезпечення стійких конструкцій будівель та інженерних споруд для оптимального опору в разі ворожого впливу.
- Встановлення бар'єрів і перешкод для захисту об'єктів від потенційних атак.
- Розробка систем вентиляції та очищення повітря для забезпечення безпечного середовища у випадку атаки.
- Забезпечення спеціального захисту для ключових об'єктів, таких як електростанції, водопостачальні системи, мережі зв'язку тощо.

- Впровадження систем автоматизації та віддаленого керування для управління інженерними системами та зменшення ризиків для персоналу під час надзвичайних ситуацій.
- Розробка планів відновлення роботи об'єктів після подій, що порушують нормальне функціонування, для якнайшвидшого відновлення нормального режиму роботи.

Загальна мета цього заходу полягає в створенні надійних механізмів захисту будівельної інфраструктури в умовах загроз воєнного стану.

### **III. Створення резервних комунікацій:**

- Впровадження різноманітних технологій зв'язку, таких як радіочастотні системи, супутникові комунікації, системи короткого та довгого діапазонів, для забезпечення доступу до засобів комунікації навіть під час збоїв у звичайних мережах.
- Використання портативних та мобільних комунікаційних засобів, таких як радії, супутникові телефони, що дозволяють забезпечувати зв'язок у режимі реального часу в різних точках об'єктів.
- Використання шифрування для захисту конфіденційної інформації під час передачі через альтернативні канали зв'язку.
- Проведення тренувань та навчань персоналу щодо користування альтернативними засобами зв'язку та правильного реагування в умовах обмеженої доступності комунікаційних мереж.
- Розробка та утримання мережі екстрених зв'язків для оперативного обміну інформацією між різними об'єктами будівельної галузі та з владою.

Цей захід спрямований на забезпечення неперервності зв'язку та обміну інформацією в умовах воєнного стану, забезпечуючи можливість ефективного керування та координації дійми в екстремальних обставинах.

### **IV. Розробка систем енергозабезпечення:**

- Встановлення генераторів електроенергії, які автоматично включаються при відмові основного джерела енергії (мережі) або при виявленні збоїв.

- Використання акумуляторних батарей для зберігання електроенергії та забезпечення роботи систем у періоди відключення основного джерела енергії або переходу на резервні генератори.
- Впровадження систем автоматизованого управління енергозабезпеченням, які ефективно переключаються між основним та резервними джерелами, а також забезпечують раціональне використання енергоресурсів.
- Захист систем енергозабезпечення від електромагнітних перешкод та імпульсів, які можуть виникнути внаслідок ворожих дій.
- Проведення регулярних технічних обстежень та обслуговування систем енергозабезпечення для виявлення можливих проблем та запобігання аваріям.
- Впровадження заходів щодо підвищення енергоефективності систем, що дозволяє економити електроенергію та забезпечує тривалу автономність у разі відключення основного джерела.
- Застосування систем моніторингу та дистанційного керування для віддаленого контролю за станом енергозабезпечення та швидким реагуванням на непередбачені ситуації.

Цей захід спрямований на створення надійних та ефективних систем енергозабезпечення, що забезпечують неперервну роботу важливих об'єктів будівельної галузі під час воєнного стану.

#### **V. Системи безпеки і контролю:**

- Встановлення відеокамер та систем відеоспостереження для нагляду за різними зонами об'єкта та запису подій в реальному часі.
- Використання систем контролю доступу для обмеження та моніторингу входу до різних зон об'єкта, використання карточок доступу чи біометричних методів ідентифікації.
- Встановлення датчиків руху та інших систем виявлення вторгнень для оперативного реагування на неправомірні входження на територію об'єкта.

- Забезпечення системи безпеки і контролю можливістю інтеграції з охоронними службами для оперативного реагування на надзвичайні ситуації.
- Використання автоматизованих систем для виявлення та тушіння пожеж, а також інших систем безпеки, таких як системи виходу в аварійних ситуаціях.
- Забезпечення взаємодії систем безпеки і контролю з автоматизованими системами для оптимізації реакції на події та координації дій персоналу.
- Встановлення систем моніторингу та звітності, що надають інформацію владі та рятувальним службам для прийняття швидких та обґрунтованих рішень у випадку надзвичайних ситуацій.

Цей захід спрямований на створення ефективних та інтегрованих систем для захисту та контролю над будівлями та об'єктами будівельної галузі під час воєнного стану.

#### **VI. Створення евакуаційних планів:**

- Оцінка можливих ризиків та небезпек, таких як військові конфлікти, терористичні загрози, природні катастрофи та інші фактори, що можуть виправдати необхідність евакуації.
- Визначення та позначення безпечних місць для евакуації, таких як внутрішні та зовнішні зони відсутності загроз.
- Визначення оптимальних маршрутів для виведення людей із зони ризику до безпечних місць, враховуючи густоту населення та типи транспортних засобів.
- Розробка планів для різних можливих сценаріїв, включаючи евакуацію великої кількості людей, врахування особливостей медичних питань, допомоги особам з обмеженими можливостями та інші варіанти.
- Проведення навчань та тренувань для персоналу щодо виконання евакуаційних процедур та використання евакуаційного обладнання.

- Розробка системи комунікації для інформування персоналу та мешканців про необхідність евакуації, вказівки щодо маршрутів та безпечних зон.

Цей захід допоможе готувати персонал та мешканців до евакуації в умовах воєнного стану та забезпечують ефективні та безпечні процедури для захисту життя та майна.

## **VII. Співпраця з владою та рятувальними службами:**

- Розробка спільних планів дій та стратегій для ефективного реагування на воєнний стан або надзвичайні ситуації, включаючи визначення ролей та обов'язків кожної сторони.
- Забезпечення системи ефективного обміну інформацією між підприємствами будівельної галузі, органами влади та рятувальними службами для оперативного вирішення проблем.
- Узгодження з владою щодо планування та розташування критичних інфраструктурних об'єктів для забезпечення їхньої ефективної захищеності.
- Проведення спільних тренувань та навчань для персоналу будівельних об'єктів, органів влади та рятувальних служб з метою удосконалення взаємодії та виконання екстрених заходів.
- Розробка спільних екстрених планів, що включають в себе процедури евакуації, координацію рятувальних операцій, та поділ обов'язків між усіма сторонами.
- Забезпечення існування спільних систем зв'язку для оперативної комунікації та координації в разі надзвичайних ситуацій.
- Співпраця при розгортанні рятувальних бригад, лікуванні постраждалих та відновленні нормального режиму функціонування об'єктів після подій.

Цей захід спрямований на ефективну взаємодію та співпрацю між будівельною галуззю, органами влади та рятувальними службами для максимально ефективного управління та реагування на надзвичайні ситуації чи воєнний стан.

Всі ці заходи допоможуть забезпечити стійкість роботи об'єктів будівельної галузі та зменшити можливі наслідки воєнного стану для інфраструктури.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Важко на сьогодні уявити сучасне автоматизоване виробництво, де б не використовувались датчики кута повороту, або як їх ще називають енкодери.

Завдяки своїм можливостям енкодери набули широкого застосування в різноманітних галузях від верстатобудування до складних антенних комплексів.

На сьогоднішній день існує чи мала кількість фірм які займаються розробкою та випуском енкодерів і за для здешевлення свого товару, використовують неякісні матеріали і комплектуючі, що не відповідають технічним характеристикам, або метрологічним умовам в яких вони експлуатуються, що в свою чергу безпосередньо впливає на результати вимірювання. Відповідно виникає необхідність перевірки давачів.

В процесі виконання дипломної роботи було проведено загальний огляд літератури по енкодерах та методах їх перевірки. Набуту інформацію було систематизовано та завдяки чому було розроблено модель інформаційновимірювального стенду для перевірки енкодерів.

Даний стенд складається з Т-подібної опори, консольної плити, тримача на який монтуються досліджувані давачі. Їх центрування здійснюється по зовнішньому діаметрі. На вал давача монтується швидкознімне коромисло, яке попередньо зрівноважене за допомогою балансирних гайок і закріплюється на вихідному валу досліджувального давача. Момент зрушення з місця фіксується самим енкодером. Навантаження на коромисло подається за допомогою електромагніта, через якір, підвішаний до правого плеча, за допомогою якого проходить дослідження.

Також було проведено моделювання процедур тарування електромагніта та стенду для визначення порогової чутливості датчиків крутного моменту в середовищі Matlab/Simulink. Здійснено розрахунок виставлення нульової відмітки (зрівноваження коромисла) і зусилля навантаження на коромисло. Відібрано та описано базові елементи після чого створено 3D-модель стенду.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Види енкодерів [Сайт] - <https://stl-grupp.com/info/what-is-encoder.html>  
(Дата звернення 12.12.2023)
2. Оптопара їх види і принцип роботи [Сайт] -  
<https://intellect.icu/optopara-ili-opton-optotiristor-vidy-printsip-raboty-primenenie-9125> (Дата звернення 12.12.2023)
3. Інтелектуальні оптоелектронні сенсори кута: схемотехнічні та програмноалгоритмічні методи синтезу: Монографія / М.І. Паламар, А. В. Чайковський; ТНТУ ім. І. Пулюя. – Тернопіль: вид-во "Джура", 2015. – 144 с. ISBN 978-966-185-123-7.
4. Мікроконтролер STM32F373C8T6 [Сайт] -  
<https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f373c8.html> (Дата звернення 12.12.2023)
5. Електромагніт LS-P25/20 (5KG) DC24V [Сайт] -  
[https://voron.ua/catalog/010631--elektromagnit\\_ls-p2520\\_5kg\\_dc24v](https://voron.ua/catalog/010631--elektromagnit_ls-p2520_5kg_dc24v) (Дата звернення 12.12.2023)
6. LCD-Дисплея LCD1602 I2C [Сайт] -  
[https://uamper.com/index.php?route=product/product&path=180&product\\_id=1257&gid=Cj0KCQjw4s-kBhDqARIsAN-ipH0bZk31ErQspOF2WHJjxx0NTyd\\_utSMxKxSUOlC-R8zRpSGraJyLFkaAhcfEALw\\_wcB](https://uamper.com/index.php?route=product/product&path=180&product_id=1257&gid=Cj0KCQjw4s-kBhDqARIsAN-ipH0bZk31ErQspOF2WHJjxx0NTyd_utSMxKxSUOlC-R8zRpSGraJyLFkaAhcfEALw_wcB) (Дата звернення 12.12.2023)
7. Млавець Ю.Ю. Охорона праці (конспект лекцій для студентів математичного факультету і факультету післядипломної освіти та доуніверситетської підготовки). – Ужгород: ДВНЗ “УжНУ”, 2015. – 56 с.
8. Заземлення електричного струму [Сайт] - <https://ts.kiev.ua/zazemlennia-i-zakhysni-zakhody-vid-urazhennia-elektrychnym-strumom/> (Дата звернення 12.12.2023)



9. S-моделі для оцінки надійності інформаційних систем / В. І. Лизун, А. Я. Баран, В. Я. Гураль, В. В. Бабовал, М. І. Яворська // Матеріали VIII науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології“, 9-10 грудня 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — С. 33. — (Інформаційні системи та технології).
10. Зелінський І. М. Особливості обробки інформації в дискретній опто-електронній системі / І. М. Зелінський, Яворська М. І. // Матеріали XX наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 17-18 травня 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — С. 125–126. — (Імовірнісні моделі біофізичних сигналів і полів та обчислювальні методи і засоби їх ідентифікації, приладобудування).
11. Методичні вказівки до виконання дипломної роботи магістра для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка» / укл. : Ю.О. Апостол , Ю.І. Наконечний , М.І. Паламар , М. І. Яворська. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. - 66 с.
12. Програмна реалізація побудови стискаючого коду для оптимізації обробки даних / Назар Парадюк, Зіновій Горбань, Богдан Чернецький, Мирослава Яворська // Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування“, 8-9 червня 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — С. 55. — (Обчислювальні методи та засоби в радіотехніці і приладобудуванні).
13. Р.М. Фудаль, М.І. Яворська канд. техн. наук, доц. МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ПРИЛАДУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ДОРІЖОК ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ / Р.М. Фудаль, М.І. Яворська // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль, 27-28 листопада 2019 р. – С. 107.
14. Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування. 7-ма Міжнародна науково-практична конференція, 22-23 вересня 2016 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія – С. 108-109.