

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Інформаційна система установки для дослідження запобіжних
пружних муфт

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи РІМ-61
спеціальності (напряму підготовки) 152
«Метрологія та інформаційно-вимірювальна
техніка»

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Мельник Ю.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Зелінським І.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

	4
ВСТУП	6
1 ДОСЛІДНИЦЬКО - КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	7
1.1 Огляд методів і засобів вимірювання	7
1.2 Патентний огляд по темі завдання	12
1.3 Постановка задачі	13
1.4 Огляд конструкцій запобіжних муфт	16
2 ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МАТМОДЕЛЮВАННЯ	20
2.1 Ймовірносний аналіз залежності показів тензодатчика від осьового навантаження	20
2.2 Методика проведення та результати експериментальних досліджень	30
3 ЕЛЕКТРОНІКА, МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА САПР	41
3.1 Схема та принцип роботи установки	41
3.2 Аналіз об'єкту вимірювання	42
3.3 Розробка структурної функціональної схеми	44
3.4 Вибір елементної бази та визначення габаритних розмірів електронного блоку вимірювання	45
3.5 Схема включення давачів	50
3.6 Оцінка похибки вимірювання та габаритних розмірів блоку керування	52
4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	54
4.1 Критерії і показники економічної ефективності нової техніки	54
4.2 Розрахунок затрат на виготовлення установки	55
4.3 Визначення лімітної ціни пристрою	63
4.4 Визначення затрат на експлуатацію установки	64
4.5 Визначення економічної ефективності	67
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	69
5.1 Охорона праці	69
5.1.1 Розрахунок місцевого освітлення для спроектованої установки	69

	5
5.1.2 Використання і опис дії систем пожежогасіння, які використовують на підприємствах приладобудування	72
5.1.3 Суть і зміст управління охороною праці	76
5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	78
5.2.1 Закон і положення про цивільну оборону України	78
5.2.2 Вплив розробленої установки на життєдіяльність людей	81
6 ЕКОЛОГІЯ	83
6.1 Актуальність охорони навколишнього середовища	83
6.2 Забруднення довкілля, що виникають в процесі виготовлення та експлуатації установки для дослідження запобіжних пружних муфт	84
6.3 Заходи зі зменшення забруднення довкілля	85
ВИСНОВКИ	87
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	89
ДОДАТКИ	91

ВСТУП

Для визначення обертового моменту використовують пружні елементи, які вимірюють зусилля, що створюється плечем сили. При дії прикладеної сили елементи деформуються і величина їх деформації є прямо пропорційна прикладеному зусиллю. Для великих зусиль використовують металічні циліндри, які навантажують осьовою силою і при цьому прикладена сила буде прямо пропорційна відносній зміні повздовжніх розмірів циліндра.

Простота конструкції і можливість проведення вимірювань в досить широкому діапазоні забезпечили популярність застосування тензодатчиків. Тензодатчик забезпечує вимірювання ваги від граму до сотні тон і застосовується як вимірювальний елемент в платформених, бункерних, кранових вагах, в дозаторах, випробувальному і науковому обладнанні. На пружному елементі датчика, що виготовляється, як правило зі сталі або алюмінієвих сплавів, розміщуються чутливі елементи із провідникових і напівпровідникових тензорезисторів, які використовуються також для вимірювання полів деформацій при статичних, динамічних і ударних навантаженнях досліджуваних деталей і натурних конструкцій, в динамометрах і датчиках тиску.

1 ДОСЛІДНИЦЬКО - КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

1.1 Огляд методів і засобів вимірювання

Для вимірювання обертових моментів використовують перетворювачі такі, як:

- суцільний, пустотілий вал;
- плоский торсіон.

Суцільний вал є простим у виготовленні. При прикладанні до нього обертового моменту тобто пари сил він скручується навколо осі. Кут закручування φ буде залежати від прикладеного моменту, а також від діаметра вала.

$$\varphi = \frac{32 \cdot M \cdot l}{\pi \cdot d^4 \cdot G}, \quad (1.1)$$

$$\varphi = \frac{32 \cdot M \cdot l}{\pi \cdot (D - d)^4 \cdot G}, \quad (1.2)$$

де M — прикладений обертовий момент;

D - зовнішній діаметр вала;

d - внутрішній діаметр вала;

l - довжина вала;

G - модуль пружності.

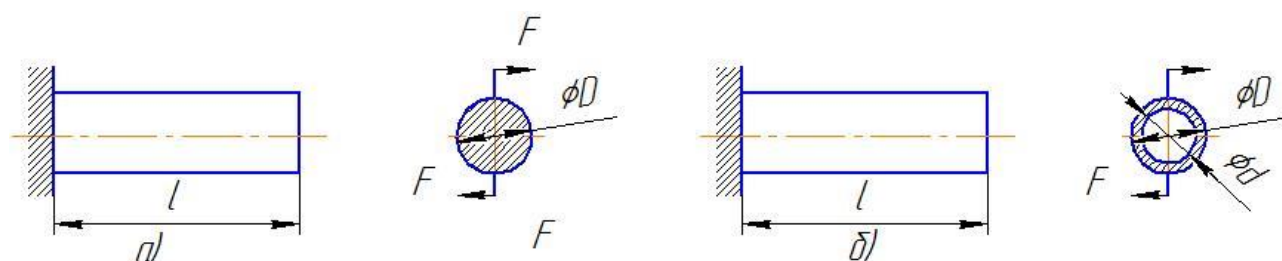


Рисунок 1.1 - Розрахункова схема перетворювача обертового моменту: а) суцільного вала, б) пустотілого вала

Плоский торсіон являє собою консольно закріплену пружну балку, до кінця якої прикладена пара сил, що еквівалентна обертовому моменту. Формула для визначення кута закручування плоского торсіона:

$$\varphi = \frac{16 \cdot M \cdot l}{b \cdot h^3 \cdot \left(5,3 - 3,9 \cdot \frac{h}{b} \right) \cdot G}, \quad (1.3)$$

де M - прикладений обертовий момент;

l - довжина торсіона;

b - ширина перетворювача;

h - товщина перетворювача;

G - модуль пружності

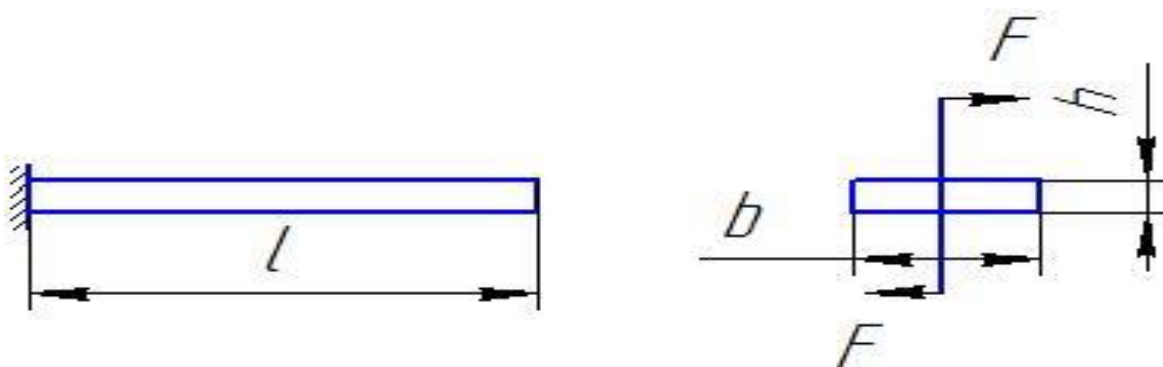


Рисунок 1.2 - Розрахункова схема деформації плоского торсіона

Вимірювання крутного моменту на валу двигуна можна звести до вимірювання сили помноженої на плече сили.

$$M_{кр} = F \cdot l, \quad (1.4)$$

де F — сила;

l — плече сили.

Для вимірювання сили існують: динамометри, акселерометри, принцип роботи побудований на механічних пружних перетворювачах.

До механічних пружних перетворювачів відносяться:

- стержні суцільні та порожнисті;
- кільця рівномірного і нерівномірного січення;
- консольні балки рівномірного січення" і консольні балки рівномірного опору.

Позитивною стороною стержневих механічних перетворювачів є: простота їх виготовлення, можливість досягти високої точності їх розмірів. Недоліком є: відносно мала чутливість до зусиль, а також не ідентичність їхньої функцій перетворення при роботі на стиск і розтяг.

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta l}{l}, \quad (1.5)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{F}{S_q \cdot E},$$

де Δl - абсолютна деформація;

l - довжина стержня;

S_q - площа поперечного січення;

E - модуль пружності

Для вимірювання деформації самих пружних перетворювачів використовують тензорезистивні перетворювачі, які мають здатність змінювати свій опір при зміні розмірів.

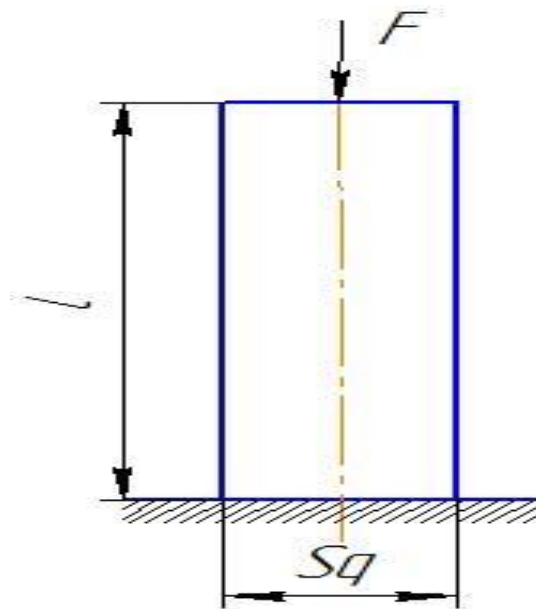
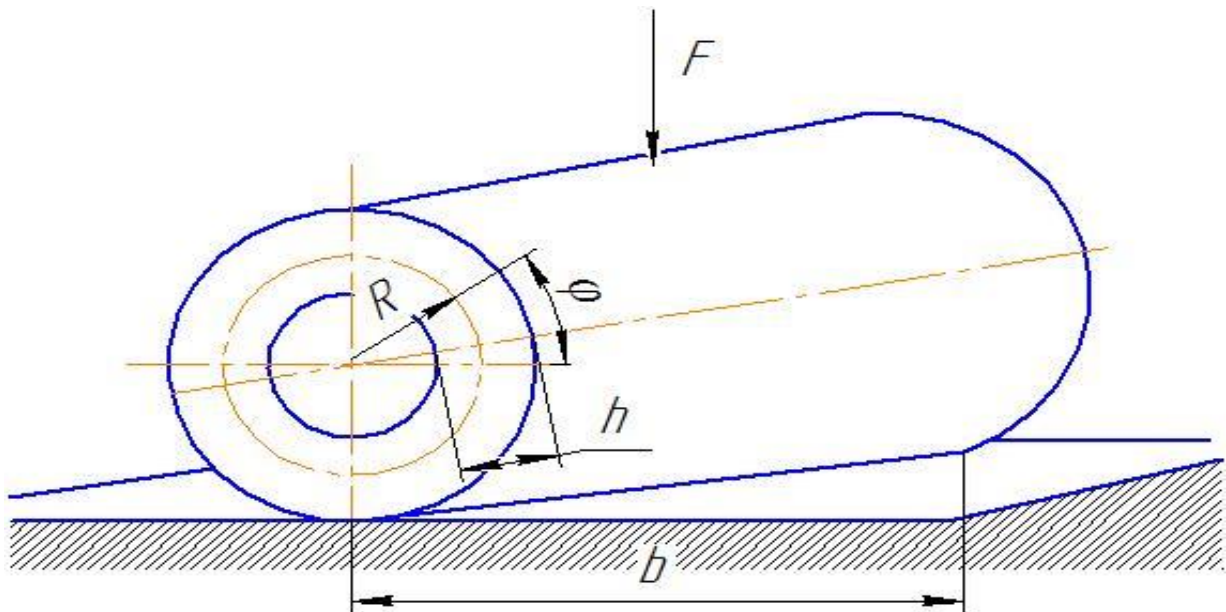


Рисунок 1.3- Розрахункова схема відносної деформації стержня

Певні переваги перед стержневими перетворювачами мають кільцеві механічні перетворювачі сили. Хоча їх суттєвий недолік - це нерівномірність напружень в зонах деформації.

Для більш рівномірного розподілу напружень застосовують кільця



нерівномірного січення.

Рисунок 1.4 - Розрахункова схема деформації кільцевого перетворювача

$$\varepsilon = \frac{R}{E \cdot h^2 \cdot b} \cdot (1,19 - 3 \cdot \cos \varphi) \cdot F, \quad (1.6)$$

де R - середній радіус кільця;

h - товщина стінок кільця;

b - довжина;

$\cos \varphi$ - кут, при якому вимірюється деформація;

E - модуль пружності;

F - прикладена сила.

Найбільш чутливими до дії сил є балочні пружні елементи, а саме: консольна балка рівномірного січення і консольна балка рівномірного опору прогину.

$$\varepsilon_x = \frac{6 \cdot (l - x)}{E \cdot h^2 \cdot b} \cdot F, \quad (1.7)$$

де l - довжина пружної балки;

x - відстань на якій вимірюємо деформацію;

h - товщина балки;

b — ширина балки;

E - модуль пружності;

F - прикладена сила.

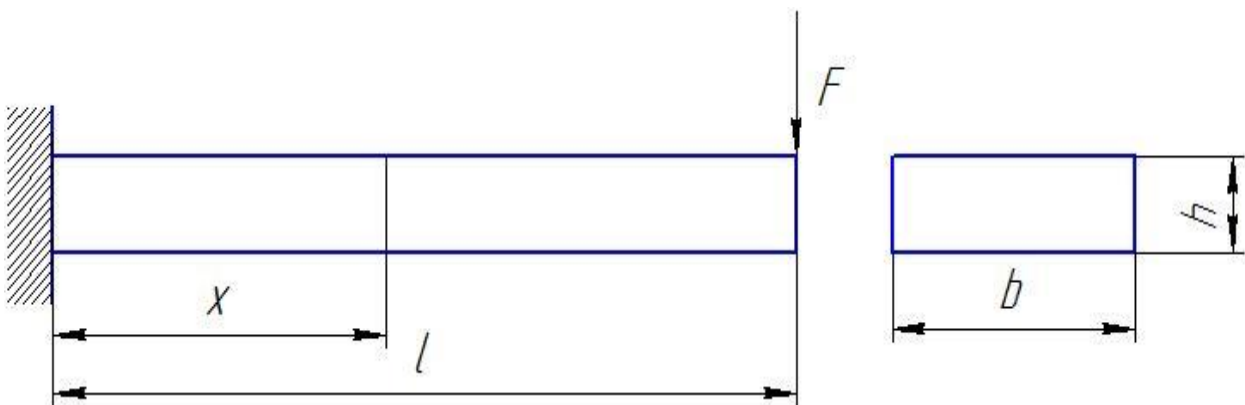


Рисунок 1.5 - Розрахункова схема деформації пружного балочного перетворювача

1.2 Патентний огляд по темі завдання

На сьогоднішній день відомо багато пристроїв для вимірювання обертового моменту на електричних машинах, зокрема на електричних двигунах і генераторах.

В якості прототипів були взяті такі авторські свідоцтва: 81Л173160А “Тензометр для вимірювання поздовжніх і поперечних деформацій зразка”, SU30205А1 “Пристрій для вимірювання моментів”, SU30206А1 “Гідравлічний моментомір”, SU530208А1 “Пристрій для вимірювання моменту на валу”, SU99168А1 “Моментомір”, SU529061А1 “Вимірювач обертового моменту”, SU1553853А1 “Балансирний пристрій для вимірювання моменту опоруобертанню”, SU560993А1 “Пристрій для вимірювання обертового моменту”, UA227591I “Вимірювач обертового моменту”, UA261691I “Пристрій для вимірювання обертового моменту”, UA315641I “Моментомір”. Деякі з них не забезпечують потрібної точності та надійності вимірювання, інші - є складними за конструкцією та процесом вимірювання

Спроектована установка відноситься до області сило-вимірювальної техніки і призначений для дослідження механічних характеристик електромеханічного приводу супутникових антен, а саме для вимірювання обертового моменту, прикладеного до вала двигуна.

Даний пристрій складається з електродвигуна, вимірювального вузла та порошкового гальма, яке моделює навантаження антенної системи. При створенні гальмівного моменту гальмом, завдяки системі, що складається з двох перехідних фланців, корпус мотора прокручується в напрямку, протилежному до напрямку обертання ротора і тисне через упор на пружну балку. При дії прикладеної сили балка деформується і величина її деформації є прямопропорційна відносній зміні поздовжніх розмірів. Зміну деформації міряємо наклеєними на неї тензорезисторами.

1.3 Постановка задачі

Принцип вимірювання деформацій за допомогою тензорезисторів полягає в тому, що при деформації змінюється їх активний опір. Конструктивно тензорезистор являє собою елемент із тензочутливого матеріалу на підложці, яка закріплюється з допомогою зв'язуючого (клею, цементу і т. п.) на досліджуваній деталі. При цьому деформація досліджуваної конструкції, передана матеріалом зв'язуючої підложки на чутливий елемент, призводить до зміни його опору, що функціонально залежить від деформації вздовж головної осі тензорезистора. Проте використання в якості зв'язуючої основи з металом полімерного матеріалу, що володіє не лише пружними, але й високими еластичними і пластичними властивостями, призводить до залежності констант пружності зв'язуючої основи від часу - релаксаційним явищем.

При цьому відповідно змінюються в часі виникаючі при передачі інформації зсувні напруження і їх розподіл по довжині чутливого елемента. Внаслідок, при цьому змінюється коефіцієнт передачі деформації і вихідний сигнал датчика. Причому, зміни в часі вносять помітний вклад в похибку вимірювання, що ускладнює створення датчиків високої точності. Релаксаційні процеси в зв'язуючому полімерному шарі визначають такі характеристики, як повзучість і механічний гістерезис, які спотворюють вимірювані значення чутливості, призводять до нелінійності статичної характеристики перетворення. А при довготривалій деформації в полімерному матеріалі протікають процеси переміщення в середині молекул, комплексних груп і т. д., а також переміщення самих молекул, частинок і цілих комплексів, які призводять до безповоротних пластичних течучостей матеріалу і зв'язаної з цим довготривалої повзучості.

Із теорії полімерів відомо, що гістерезисні явища в них визначаються різноманітними причинами, найважливішими з яких є релаксаційні процеси, зв'язані з часовими процесами вязкопружності і течучості. І такий вигляд гістерезису проявляється при будь-якому циклі навантаження (розвантаження).

Окрім цих явищ гістерезис в полімерних зв'язуючих може визначатися також механічними процесами, пов'язаними з руйнуванням молекул і міжмолекулярних зв'язків, а також тепловими ефектами при деформації. Все це в сукупності обмежує чутливість і точність тензодатчиків, в яких тензорезистори прикріплені до пружного елемента за допомогою полімерних матеріалів.

Щоб визначити ступінь впливу, який створює приклеювання тензорезистора на точність методу оцінки напружень і деформацій, проведемо наступний розрахунок. Нехай в результаті силового впливу в зразку пружного елемента товщиною δ_y з'явилося незкомпенсоване напруження, яке викликає згинальний момент ΔM . Тоді у відповідності з теорією пружності згинаюче напруження $\Delta\sigma$ на поверхні пружного елемента буде рівне:

$$\Delta\sigma = \frac{\Delta M}{J} \times \frac{\delta_y}{2}, \quad (1.8)$$

де J - момент інерції поперечного січення зразка, який визначимо з виразу :

$$J = \frac{t \times \delta_y^3}{12}, \quad (1.9)$$

Відносна деформація $\Delta\varepsilon$ на поверхні, що відповідає $\Delta\sigma$, буде рівна :

$$\Delta\varepsilon = \frac{E \times \Delta M}{J} \times \frac{\delta_y}{2}, \quad (1.10)$$

При під'єднанні до пружного елемента з допомогою клею товщиною δ_k тензорезистора товщиною δ_t загальна товщина в місці приклеювання складе $\delta_y + \delta_k + \delta_t$. Деформація елемента $\Delta\varepsilon_1$ в цьому випадку складе:

$$\Delta\varepsilon_1 = \frac{E \times \Delta M}{J_1} \times \frac{(\delta_y + \delta_k + \delta_T)}{2}, \quad (1.11)$$

де J_1 — момент інерції для січення складного профілю — знаходиться з відомих співвідношень теорії опору матеріалів:

$$J_1 = \frac{t \times \delta_y^3}{12} + \frac{t_T \times \delta_T^3}{12} + \frac{(\delta_y + \delta_k + \delta_T)^2 \times \delta_T \times t_T}{4}, \quad (1.12)$$

Цілком очевидно, що відносна похибка, обумовлена приклеюванням тензорезистора ξ має систематичний характер і визначається як:

$$\xi = \frac{\Delta\varepsilon - \Delta\varepsilon_1}{\Delta\varepsilon} \times 100\% = \left[1 - \frac{\delta_y + \delta_k + \delta_T}{\delta_y} + \frac{J}{J_1} \right] \times 100\%, \quad (1.13)$$

Для різних розмірів пружних елементів, товщини шару клею і товщини тензорезисторів похибка, розрахована по формулах для ξ , J і J_1 коливається від 4% до 10%.

Ціллю роботи є дослідження впливу закріплення тензорезистора на пружному елементі за допомогою зв'язуючого матеріалу на чутливість і точність вимірів тензодатчика і знайдення шляхів підвищення даних параметрів.

1.4 Огляд конструкцій запобіжних муфт

Класифікація запобіжних муфт першочергово здійснюється за типом елементів зачеплення, які передають крутний момент від ведучої ланки до веденої. Так, найбільш розповсюдженими є зараз кулькові, кулачкові, фрикційні та зубчато-планетарні муфти. Для розширення функціональних можливостей досить часто застосовуються комбіновані запобіжні муфти, які окрім функції обмеження навантаження забезпечують компенсування зміщень валів, демфування ударних пускових моментів.

Вибір тієї чи іншої конструкції запобіжної муфти в першу чергу визначається заданими умовами стосовно експлуатаційних характеристик, до яких, як правило, відносять точність спрацювання, її довговічність і стабільність в роботі, а також характер зміни динамічних навантажень в процесі буксування півмуфт. Виходячи з цього, найбільш точно спрацьовують муфти, в яких до мінімуму зведена частка крутного моменту, що передається за рахунок сил тертя, а його основна частина здійснюється за рахунок кінематичного розчеплення півмуфт.

В цьому аспекті передача крутного моменту фрикційними муфтами здійснюється виключно за рахунок сил тертя, а в кулачкових зачепленнях частка крутного моменту, що передається за рахунок сил тертя є суттєвою внаслідок значних сумарних площ контакту між елементами зачеплення.

Найбільш точно спрацьовують кулькові запобіжні муфти, оскільки зони контакту елементів зчеплення є незначними, що мінімізує передачу крутних моментів за рахунок сил тертя. В той же час, такі муфти потребують високої точності виготовлення для забезпечення рівномірної передачі моменту кульками, які розташовані в коловому, або радіальному напрямках.

Також при роботі кулькових запобіжних муфт виникають значні осьові ударні навантаження при виході та вході півмуфт в зачеплення, що спричиняє швидке руйнування робочих поверхонь, оскільки контактні напруження, що виникають на незначних площах взаємодії є суттєвими.

Таким чином, основними напрямками вдосконалення конструкцій кулькових запобіжних муфт є зменшення ударних навантажень при відносному провертанні ведучих і ведених ланок, підвищення точності та стабільності роботи муфт при їх високій довговічності. Зменшення ударних навантажень при буксуванні півмуфт забезпечується, як правило, застосуванням демфуючих елементів, конструктивне використання яких досить широке. Розглянемо типові варіанти їх виконання.

На рис. 1.6 зображена кулькова запобіжна муфта що містить ступицю 1, ведучу 2 і ведену 4 півмуфти, взаємозв'язані кульками 3. Ведена півмуфта за допомогою диска 7 підтиснута пружиною 6. Пружину охоплює амортизаційна втулка 5, яка виконана з еластичного матеріалу у вигляді двох фланців, зв'язаних між собою по зовнішньому діаметрі гофрованою поверхнею. При виникненні перевантаження і відносного провертання з осьовим зміщенням півмуфт, амортизаційна втулка протидіє миттєвому розтисканню пружини демпфуючи при цьому осьовий і коловий удар. Даний ефект досягається за рахунок використання амортизаційної втулки з полімерів, які характеризуються пружно-в'язкою деформацією.

Основним недоліком такої муфти є недовговічність амортизаційної втулки внаслідок зміни характеристик поліамідів при дії на них знакозмінних циклічних навантажень.

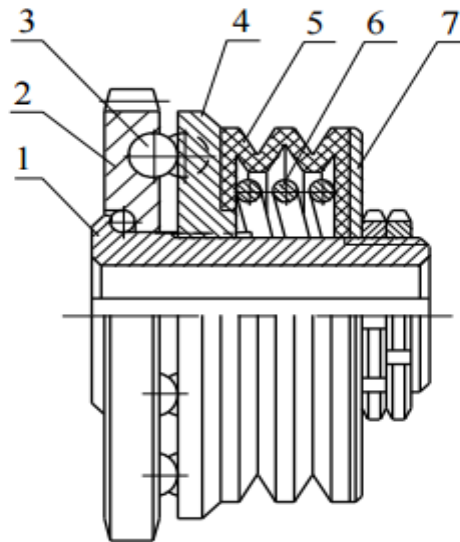


Рисунок 1.6 - Кулькова запобіжна муфта з гофрованою амортизаційною втулкою

Для зменшення динамічних навантажень у коловому напрямку, а також для підвищення точності спрацювання шляхом зменшення амплітуди зростання крутного моменту при виникненні різких перевантажень застосовують комбіновані пружно-запобіжні муфти, один з варіантів яких зображено на рис. 1.7.

Муфта складається зі ступиці 1, на якій вільно встановлена ведуча півмуфта 2. На півмуфті виконані похилі лунки, з якими взаємодіють несучі кульки 3 встановлені в наскрізних отворах 4 веденої півмуфти 5. У її внутрішніх дугових пазах 6 розташовані обмежувальні кульки 7, які також закріплені в отворах ступиці. У торцевих отворах веденої півмуфти встановлені пружні прутки 9, які з іншого боку жорстко закріплені в регульованому диску 8. Елементи зачеплення підтиснуті диском 10, зусилля натиску якого регулюється пружинами.

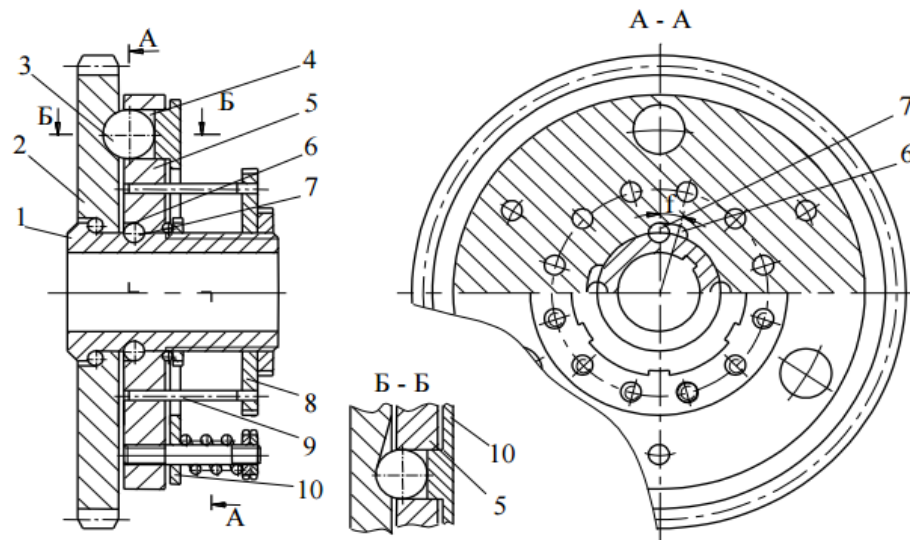


Рисунок 1.7 - Комбінована кулькова пружно-запобіжна муфта

При зростанні моменту опору, відбувається провертання веденої півмуфти відносно ступиці та регульованого диску, яке обмежене дуговим пазом, що спричиняє деформацію прутків в коловому напрямку. Шляхом підбору конструктивно-силових параметрів механізму демпфування можна досягнути оптимальної величини провертання веденої півмуфти відносно ступиці. У запобіжному режимі роботи несучі кульки виходять з лунок і зміщуються в осьовому напрямку в наскрізних отворах веденої півмуфти, що спричиняє переміщення натискного диску та відповідно деформацію пружин.

Перевагами такої муфти є повне роз'єднання пружних і запобіжних елементів, надійність в роботі та ремонтоздатність. Однак, пружний режим роботи характеризується незначним кутовим зміщенням ланок, що обмежує застосування муфти в якості пружної.[8]

2 ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МАТМОДЕЛЮВАННЯ

2.1 Ймовірносний аналіз залежності показів тензодатчика від осьового навантаження

Розглянемо коротко принцип роботи приладу. Під дією осьової сили P шток 1 впирається в незаземлений кінець тензобалки 2 на якій розміщено 2 тензорезистора 3 на відстані x_1 . Один з тензорезисторів деформується на розтяг а інший на стиск.тензорезистора 3 на відстані x_1 .

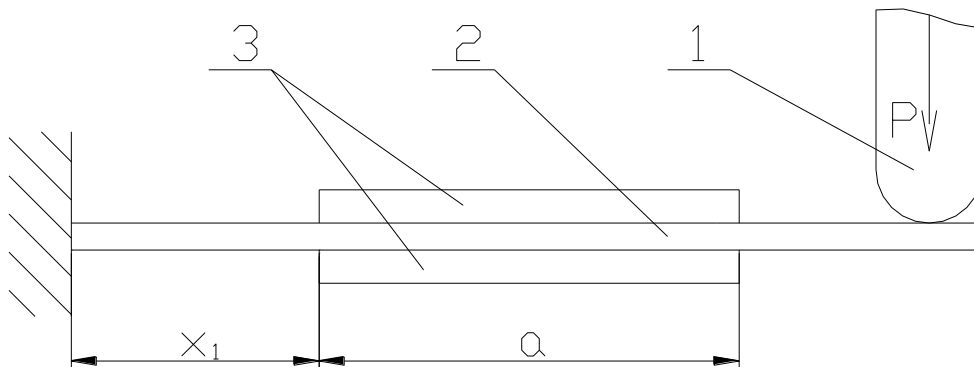


Рисунок 2.1 - Схема роботи приладу

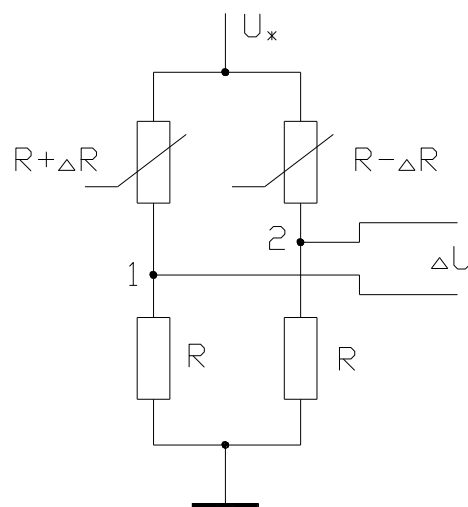


Рисунок 2.2 - Схема включення тензорезисторів

Як бачимо з рисунку 2.2 два тензорезистори включені у мостову схему і живляться напругою $U_{жс}$. Вихідна напруга з тензомоста буде:

$$\Delta U = U_2 - U_1, \quad (2.1)$$

де U_2 і U_1 – напруги в точках 1 і 2 мостової схеми відносно загальної шини живлення.

Напруги U_2 і U_1 ми можемо знайти за формулами:

$$U_1 = \frac{R}{R + R + \Delta R} \cdot U_{жс}, \quad (2.2)$$

$$U_2 = \frac{R}{R + R - \Delta R} \cdot U_{жс}, \quad (2.3)$$

Тоді вихідна напруга буде:

$$\Delta U = \left(\frac{R}{R + R - \Delta R} - \frac{R}{R + R + \Delta R} \right) \cdot U_{жс} = \frac{2R^2 + \Delta R \cdot R - 2R^2 + \Delta R \cdot R}{(2R + \Delta R)(2R - \Delta R)} \cdot U_{жс} = \frac{2\Delta R \cdot R}{4R^2 - \Delta R^2} \cdot U_{жс} \quad (2.4)$$

Зміну опору тензорезистора ΔR при деформації Δl можна зв'язати співвідношенням:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta a}{a}, \quad (2.5)$$

де ΔR – зміна опору тензорезистора під дією навантаження на тензобалку,

Δa – абсолютна деформація тензорезистора,

R – номінальний опір тензорезистора,

a – довжина тензорезистора.

Тоді вихідну напругу з датчика можна виразити:

$$\Delta U = \frac{2\Delta a \cdot a}{4a^2 - \Delta a^2} \cdot U_{жс}, \quad (2.6)$$

Максимальна допустима абсолютна деформація тензорезистора Δa у знаменнику набагато менша за його довжину a (наприклад при $a=20$ мм, $\Delta a=0.1$ мм, і відповідно $\Delta a^2=0.01 \ll 4a^2=1600$).

Без суттєвої для практичних цілей похибки цими величинами у подальших розрахунках можна знехтувати. Тоді отримаємо:

$$\Delta U = \frac{2\Delta a \cdot a}{4a^2 - \Delta a^2} \cdot U_{жс} \approx \frac{2\Delta a \cdot a}{4a^2} \cdot U_{жс} = \frac{\Delta a}{2a} \cdot U_{жс}, \quad (2.7)$$

Деформацію тензорезистора Δa ми можемо знайти з формули:

$$\Delta a = \int_{x_1}^{x_1+a} \frac{h}{2} \varphi(x) dx, \quad (2.8)$$

де h – товщина тензобалки, на якій розташовані тензорезистори;

x_1 – положення тензорезистора відносно защемленого кінця тензобалки

$\varphi(x)$ – кут прогину тензобалки по координаті x , рисунок 2.3.

Розглянемо деформацію тензобалки при її згині. У зв'язку з малою деформацією балки будемо вважати, що $\operatorname{tg} \varphi \approx \varphi$, а також $\operatorname{tg} \varphi = \frac{dy}{dx}$, а отже звідси

$$\varphi(x) \approx \frac{dy(x)}{dx}.$$

З опору матеріалів відомо, що:

$$\frac{1}{\rho(x)} = \frac{M(x)}{I(x)}, \quad (2.9)$$

де $\rho(x)$ – кривизна осі балки в точці x ;

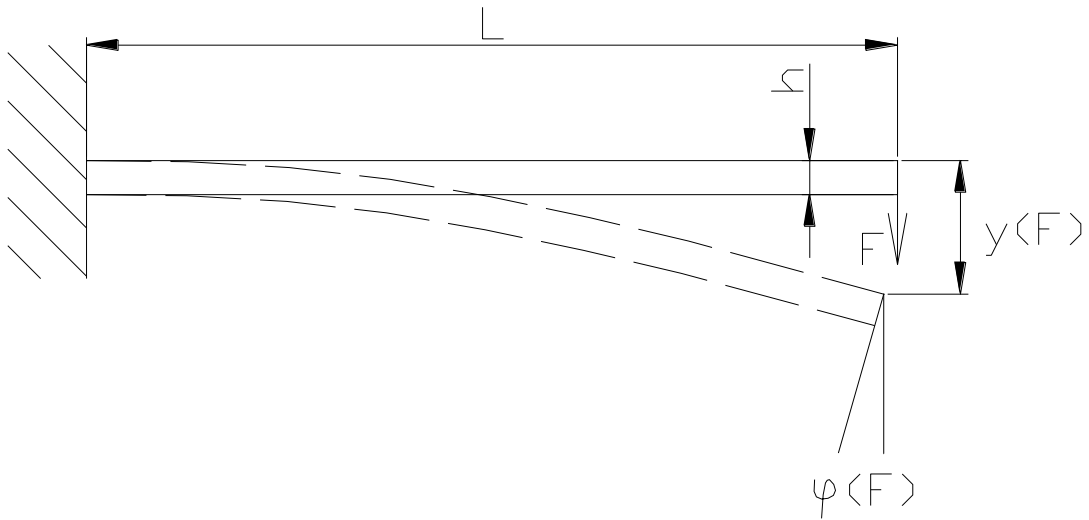


Рисунок 2.3 - Схема прогину тензобалки

де $M(x)$ – крутний момент в січenni x ;

E – модуль пружності матеріалу тензобалки;

$I(x)$ – момент інерції січення тензобалки відносно осі x .

З курсу вищої математики нам відомо таке рівняння:

$$\frac{1}{\rho(x)} = \frac{\frac{d^2 y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad (2.10)$$

Порівнявши попередні два вирази маємо:

$$\frac{M(x)}{EI(x)} = \frac{\frac{d^2 y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad (2.11)$$

Дане рівняння буде рівнянням зігнутої осі тензобалки. У знаменнику рівняння є сума двох доданків:

$$1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = 1 + tg^2 \varphi, \quad (2.12)$$

При малих деформаціях величина другого доданка набагато менша за перший (наприклад при $\varphi = 1^\circ$, $tg \varphi \approx 0,02$, а $tg^2 \varphi = 0,0004 \ll 1$).

Без суттєвої для практичних цілей похибки цими величинами у подальших розрахунках можна знехтувати. Тоді отримаємо:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI(x)}, \quad (2.13)$$

Крутний момент в січenni x будемо вираховувати як результат дії зовнішніх сил:

$$M(x) = P(l - x), \quad (2.14)$$

Підставивши цей вираз у попереднє рівняння отримаємо:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{Pl}{EI(x)} - \frac{Px}{EI(x)}, \quad (2.15)$$

Проінтегруємо дане рівняння і отримаємо:

$$\varphi(x) = \frac{Plx}{EI(x)} - \frac{Px^2}{2EI(x)} + A, \quad (2.16)$$

Сталу A визначимо з граничних умов:

при $x = 0$: $\varphi = 0$, а отже $A = 0$.

Тоді маємо кінцеве рівняння кута повороту тензобалки:

$$\varphi(x) = \frac{Px}{2EI(x)}(2l - x), \quad (2.17)$$

Враховуючи січення тензобалки рівняння набуде виду:

$$\varphi(x) = \frac{6Px}{Ebh^3}(2l - x) = \frac{6P}{Ebh^3}(2lx - x^2), \quad (2.18)$$

де b – ширина тензобалки,

h – товщина тензобалки.

Отже деформація тензорезистора буде:

$$\Delta a = \frac{3P}{Ebh^3} \int_{x_1}^{x_1+a} (2lx - x^2) dx = \frac{3P}{Ebh^3} \left(lx^2 - \frac{x^3}{3} \right) \Big|_{x_1}^{x_1+a} = \frac{3P}{Ebh^3} \left(l((x_1+a)^2 - x_1^2) - \frac{1}{3}((x_1+a)^3 - x_1^3) \right) \quad (2.19)$$

Отже тепер ми можемо вивести формулу залежності сигналу з тензодатчика від прикладеного осьового навантаження P :

$$\Delta U = \frac{3 \cdot P \cdot \left[l \cdot ((x_1 - a)^2 - x_1^2) - \frac{1}{3} \cdot ((x_1 - a)^3 - x_1^3) \right]}{2 \cdot a \cdot E \cdot b \cdot h^3} \cdot U_{ж}, \quad (2.20)$$

де a – довжина тензорезистора,

l – довжина тензобалки,

b – ширина тензобалки,

h – товщина тензобалки,

E – модуль пружності матеріалу тензобалки,

P – осьове зусилля навантаження на тензобалку,

x_1 – координата положення тензорезистора на тензобалці,

$U_{ж}$ – напруга живлення тензомоста.

Проведемо ймовірносний аналіз залежності сигналу з тензодатчика від прикладеного осьового навантаження P , якщо величина P є рівномірно розподіленою в діапазоні $[P_0-\Delta P; P_0+\Delta P]$. Якщо P рівномірно розподілена величина, то ймовірність появи її в заданому діапазоні рівна 1:

$$G_P = \int_{P_0-\Delta P}^{P_0+\Delta P} g_P \cdot dP = 1, \quad (2.21)$$

де G_P – ймовірність появи величини;

g_P – густина розподілу величини P .

Знайдемо густину розподілу g_P з інтегралу:

$$\int_{P_0-\Delta P}^{P_0+\Delta P} g_P \cdot dP = 1, \quad (2.22)$$

$$\int_{P_0-\Delta P}^{P_0+\Delta P} g_P \cdot dP = g_P \cdot (P_0 + \Delta P - (P_0 - \Delta P)) = 2 \cdot g_P \cdot \Delta P = 1, \quad (2.23)$$

$$g_P = \frac{1}{2 \cdot \Delta P}, \quad (2.24)$$

Густину розподілу сигналу з тензодатчика ми можемо знайти за формулою:

$$g_{\Delta U} = g[\psi(\Delta U)] \cdot |\psi'(\Delta U)|, \quad (2.25)$$

де $g_{\Delta U}$ – густина розподілу сигналу з тензодатчика;

$\psi(\Delta U)$ – функція обернена до функції $\Delta U=f(P)$.

Знайдемо обернену функцію $\psi(\Delta U)$, якщо пряма функція буде:

$$\Delta U = \frac{3 \cdot P \cdot \left[l \cdot \left((x_1 - a)^2 - x_1^2 \right) - \frac{1}{3} \cdot \left((x_1 - a)^3 - x_1^3 \right) \right]}{2 \cdot a \cdot E \cdot b \cdot h^3} \cdot U_{ж}, \quad (2.26)$$

Для спрощення виразу введемо заміни:

$$A = \frac{3 \cdot \left[l \cdot \left((x_1 - a)^2 - x_1^2 \right) - \frac{1}{3} \cdot \left((x_1 - a)^3 - x_1^3 \right) \right]}{2 \cdot a \cdot E \cdot b \cdot h^3} \cdot U_{ж}, \quad (2.27)$$

$$\Delta U = A \cdot P, \quad (2.28)$$

Тоді маємо:

$$\psi(\Delta U) = \frac{\Delta U}{A}, \quad (2.29)$$

Знайдемо похідну функції $\psi(\Delta U)$:

$$\psi'(\Delta U) = \frac{1}{A}, \quad (2.30)$$

Отже тепер ми можемо знайти густину розподілу сигналу з тензодатчика від прикладеного осьового навантаження P :

$$g_{\Delta U} = \frac{1}{2 \cdot \Delta P \cdot A}, \quad (2.31)$$

Ймовірність появи величини ΔU в заданому діапазоні ми можемо знайти за формулою:

$$G_{\Delta U} = \int_0^{\Delta U} g_{\Delta U} \cdot d\Delta U, \quad (2.32)$$

$$G_{\Delta U} = \frac{1}{2 \cdot \Delta P \cdot A} \int_0^{\Delta U} d\Delta U = \frac{\Delta U}{2 \cdot \Delta P \cdot A}, \quad (2.33)$$

Отже ми знайшли формули густини розподілу та ймовірності розподілу сигналу з тензодатчика від прикладеного осьового навантаження P , якщо величина P є рівномірно розподіленою в діапазоні $[P_0 - \Delta P; P_0 + \Delta P]$:

$$g_{\Delta U} = \frac{a \cdot E \cdot b \cdot h^3}{3 \cdot \Delta P \cdot U_{ж} \cdot \left[l \cdot \left((x_1 - a)^2 - x_1^2 \right) - \frac{1}{3} \cdot \left((x_1 - a)^3 - x_1^3 \right) \right]}, \quad (2.34)$$

$$G_{\Delta U} = \frac{\Delta U \cdot a \cdot E \cdot b \cdot h^3}{3 \cdot \Delta P \cdot U_{ж} \cdot \left[l \cdot \left((x_1 - a)^2 - x_1^2 \right) - \frac{1}{3} \cdot \left((x_1 - a)^3 - x_1^3 \right) \right]}, \quad (2.35)$$

Математичне сподівання величини ΔU буде:

$$\begin{aligned} M(\Delta U) &= \int_0^{\Delta U} \Delta U \cdot g(\Delta U) \cdot d\Delta U = \int_0^{\Delta U} \frac{\Delta U}{2 \cdot \Delta P \cdot A} \cdot d\Delta U = \frac{1}{2 \cdot \Delta P \cdot A} \cdot \int_0^{\Delta U} \Delta U \cdot d\Delta U = \\ &= \frac{\Delta U^2}{4 \cdot \Delta P \cdot A} \Big|_0^{\Delta U} = \frac{\Delta U^2}{4 \cdot \Delta P \cdot A} \end{aligned} \quad (2.36)$$

Підставивши числові значення, отримаємо:

$$M(\Delta U) = \frac{(25 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 6.25 \cdot 10^{-3} \text{ В.}$$

Дисперсія величини ΔU буде:

$$\begin{aligned} D(\Delta U) &= \int_0^{\Delta U} \Delta U^2 \cdot g(\Delta U) \cdot d\Delta U - [M(\Delta U)]^2 = \int_0^{\Delta U} \Delta U^2 \cdot \frac{1}{2 \cdot \Delta P \cdot A} \cdot d\Delta U - [M(\Delta U)]^2 = \\ &= \frac{1}{2 \cdot \Delta P \cdot A} \cdot \int_0^{\Delta U} \Delta U^2 \cdot d\Delta U - [M(\Delta U)]^2 = \frac{1}{6 \cdot \Delta P \cdot A} \cdot \Delta U^3 \Big|_0^{\Delta U} - [M(\Delta U)]^2 = \\ &= \frac{\Delta U^3}{6 \cdot \Delta P \cdot A} - [M(\Delta U)]^2 \end{aligned} \quad (2.37)$$

Підставивши числові значення, отримаємо:

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

Тоді середнє квадратичне відхилення для ΔU буде рівне:

$$\delta = \sqrt{D(\Delta U)}, \quad (2.38)$$

Підставивши числові значення, отримаємо:

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

Висновки.

Як бачимо з вихідних формул, величина сигналу з тензодатчика лінійно залежить від прикладеного осьового навантаження P . Якщо осьове навантаження є рівномірно розподіленою величиною, то закон розподілу та густина розподілу вихідного сигналу з тензодатчика теж будуть мати лінійні характеристики.

2.2 Методика проведення та результати експериментальних досліджень

На основі попередніх досліджень було встановлено, що домінуючими факторами, які впливають на момент спрацювання ПЗМ ГГК є частота обертання гнучкого гвинтового робочого органу, кут між напрямком дії колової сили і нормаллю в елементах зачеплення муфти (лунках і конічних стержнях) та жорсткість пружини стиску ПЗМ. Для визначення інтенсивності впливу даних факторів на величину обертального моменту, що передає ПЗМ, проведено багатофакторний експеримент.

Для встановлення граничних величин передачі обертального моменту ПМЗ ГГК в залежності від силових і конструктивних параметрів проводились заміри обертального моменту при спрацюванні муфти з фіксацією даних у ПК із наперед заданою частотою за використання програмного забезпечення Power Suite . Для визначення залежності обертального моменту сипкий матеріал засипали в бункер і транспортували його до зони вивантаження. Для пуску електродвигуна потужністю 2,2 кВт і регулювання частоти його обертання використовували перетворювач частоти Altivar 71 та програмне забезпечення Power Suite v.2.5.0. Для створення навантаження на ПЗМ регулюванням вивантаженням матеріалу створювалось додаткове навантаження на ГГРО, і, відповідно, на досліджувану пружно-запобіжну муфту. При досягненні критичного навантаження, ПЗМ спрацьовувала (відбувалось розчеплення півмуфт) і проходило падіння обертального моменту на валу двигуна. Ці процеси, а самі значення обертальних моментів спрацювання ПМЗ в залежності від частоти обертання ГГРО ГГК, жорсткості пружини стиску ПМЗ і кутом нахилу елементів зачеплення муфти під час перевантаження, фіксували в трикратній повторюваності у вікні ПК.

Оцінка його коливань визначалась за рахунок реалізації та проведення порівняльного багатофакторного експерименту типу ПФЕ P^k , де P – кількість рівнів варіювання фактора; k – кількість факторів, які присутні у експерименті. Для кожного з обраних незмінних факторів експеримент проводився тричі, після чого визначалося середнє значення результату, яке використовувалось для подальшого статистичного оброблення результатів експерименту згідно методики, викладеної в .

Для отримання регресійної моделі параметра оптимізації, яку приймали у вигляді функціонала $T = f(x_1; x_2 \dots x_i)$, де T – обертальний момент на привідному валу від 1 до i -го випадку; $x_1; x_2 \dots x_i$ – натуральні незалежні змінні фактори, вибирали відповідний умовний план багатофакторного експерименту, реалізацію якого проводили у такій послідовності.

Для визначення зміни обертального моменту T при роботі ПЗМ незалежними змінними факторами приймали: частоту обертання n , яку кодували індексом X_1 , кут нахилу елементів зачеплення пружно-запобіжної муфти α , який кодували індексом X_2 , жорсткість пружини стиску C , яку кодували індексом X_3 , тобто $T = f(n, \alpha, C)$.

При побудові план-матриці багатофакторних експериментів вводили кодовані позначення верхнього, нижнього та нульового рівнів варіювання кожним фактором, які відповідно позначали як (+1), (-1), (0). Результати кодування факторів та рівні їх варіювання наведено у табл. 3.1. При побудові даної таблиці у якості вхідних змінних факторів ПФЕ 3^3 прийнято:

- частоту обертання n , яку кодували індексом x_1 ;
- кута нахилу лунок α , який кодували індексом x_2 ;
- жорсткість пружини стиску C , яку кодували індексом x_3 .

Таблиця 2.1 - Результати кодування факторів та рівні їх варіювання

Фактори	Позначення		Інтервал варіювання	Рівні варіювання, натур./кодовані		
	натур.	код				
Частота обертання n , об/хв.	X_1	x_1	480	0/+1	240/0	480/-1
Кут між напрямком дії колової сили і нормаллю (нахилу лунок) α , град.	X_2	x_2	10	50/+1	55/0	60/-1
Жорсткість пружини C , Н/мм	X_3	x_3	4,4	12,1/+1	14,3/0	16,5/-1

Оброблення отриманих даних експериментальних масивів проведено за загальновідомими методиками та методами статистичного оброблення з використанням загальновідомих методик кореляційного та регресійного аналізу експериментальних даних для отримання у кінцевому результаті емпіричних рівнянь регресії. Для отримання регресійних моделей параметрів оптимізації, вибирали відповідний план повнофакторного експерименту, реалізацію якого проводили у певній послідовності.

З метою достовірної оцінки якості роботи ПЗМ ГГК під час проведення експерименту необхідну кількість вимірів показників визначали за методикою, досліді провели в трикратній повторності.

Оскільки, під час проведення експериментів змінні незалежні фактори неоднорідні та мають різні одиниці вимірювання, а числа, що виражають значення цих факторів – різні порядки, то їх приводили до єдиної системи обрахунків шляхом переходу від дійсних значень до кодованих. Після кодування вхідних факторів було складено план-матрицю повного факторного експерименту (ПФЕ) для загального числа дослідів $N = 3^3$ (табл. 2.2). Отримані результати розрахунків зводили у таблиці результатів експериментальних досліджень. Оброблення отриманих результатів проводили за допомогою загальновідомої методики та аналізу проведених експериментальних досліджень.

Таблиця 2.2 - Умовна план-матриця експерименту

№ досл.	Рівні факторів				Взаємодія факторів				Параметр оптимізації, T , Нм			Середні значення T , Нм
									повторюваність			
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1 x_2	x_1 x_3	x_2 x_3	x_1x_2 x_3	1	2	3	$T_{сер.}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	$T_{1с}$
2	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	T_{21}	T_{22}	T_{23}	$T_{2с}$
3	+1	0	-1	-1	0	0	+1	0	T_{31}	T_{32}	T_{33}	$T_{3с}$
4	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	T_{41}	T_{42}	T_{43}	$T_{4с}$
5	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	T_{51}	T_{52}	T_{53}	$T_{5с}$
6	+1	0	+1	-1	0	0	-1	0	T_{61}	T_{62}	T_{63}	$T_{6с}$
7	+1	-1	0	-1	0	+1	0	0	T_{71}	T_{72}	T_{73}	$T_{7с}$
8	+1	+1	0	-1	0	-1	0	0	T_{81}	T_{82}	T_{83}	$T_{8с}$
9	+1	0	0	-1	0	0	0	0	T_{91}	T_{92}	T_{93}	$T_{9с}$
10	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	T_{101}	T_{102}	T_{103}	$T_{10с}$
11	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	T_{111}	T_{112}	T_{113}	$T_{11с}$
12	+1	0	-1	+1	0	0	-1	0	T_{121}	T_{122}	T_{123}	$T_{12с}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
13	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	T_{131}	T_{132}	T_{133}	$T_{13с}$
14	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	T_{141}	T_{142}	T_{143}	$T_{14с}$
15	+1	0	+1	+1	0	0	+1	0	T_{151}	T_{152}	T_{153}	$T_{15с}$
16	+1	-1	0	+1	0	-1	0	0	T_{161}	T_{162}	T_{163}	$T_{16с}$
17	+1	+1	0	+1	0	+1	0	0	T_{171}	T_{172}	T_{173}	$T_{17с}$
18	+1	0	0	+1	0	0	0	0	T_{181}	T_{182}	T_{183}	$T_{18с}$
19	+1	-1	-1	0	+1	0	0	0	T_{191}	T_{192}	T_{193}	$T_{19с}$
20	+1	+1	-1	0	-1	0	0	0	T_{201}	T_{202}	T_{203}	$T_{20с}$
21	+1	0	-1	0	0	0	0	0	T_{211}	T_{212}	T_{213}	$T_{21с}$
22	+1	-1	+1	0	-1	0	0	0	T_{221}	T_{222}	T_{123}	$T_{22с}$

23	+1	+1	+1	0	+1	0	0	0	T_{231}	T_{232}	T_{233}	T_{23c}
24	+1	0	+1	0	0	0	0	0	T_{241}	T_{242}	T_{243}	T_{24c}
25	+1	-1	0	0	0	0	0	0	T_{251}	T_{252}	T_{253}	T_{25c}
26	+1	+1	0	0	0	0	0	0	T_{261}	T_{262}	T_{263}	T_{26c}
27	+1	0	0	0	0	0	0	0	T_{271}	T_{272}	T_{273}	T_{27c}

При цьому функцію відгуку (параметр оптимізації) приймали у вигляді апроксимуючої математичної моделі повного квадратного полінома, який описує реальний експериментальний процес:

$$T = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2, \quad (2.39)$$

де Y - експериментальне значення;

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{11}, b_{22}, b_{33}$ - коефіцієнти регресії відповідних значень вхідних факторів x_i ;

x_1, x_2, x_3 - вхідні кодовані фактори.

Коефіцієнти апроксимуючого полінома, представленого у вигляді повного квадратичного рівняння, за умови ортогональності та симетрії, визначали за відповідними загальними формулами :

- вільний член b_0 і коефіцієнти b_i i -го фактору:

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u}{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u}{N}; \quad (2.40)$$

- коефіцієнти взаємодії b_{ij} :

$$b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} \bar{y}_u}{N}, \quad (2.41)$$

де x_{iu} - значення кодової змінної у відповідному стовпці плану експерименту;

\bar{y}_u - середній результат u -го досліджу;

u - порядковий номер досліджу;

i - номер фактору;

j, k - номер фактору, відмінного від i -го;

N - кількість проведених експериментів.

За результатами розрахунків, які проводили за допомогою пакету прикладних статистичних програм оброблення та аналізу результатів експериментальних досліджень для ПК, будували залежності поверхонь відгуку параметра оптимізації та двомірний переріз поверхонь відгуку для наочного зображення результатів проведених експериментальних досліджень.

Для побудови та аналізу одержаних залежностей використовували пакет статистичної програми для ПК «Statistica 6.0». Аналіз випадковості процесу оцінювали за стандартними методиками, при цьому визначали математичну дисперсію випадкової величини D .

Залежність параметру оптимізації від зміни одного вхідного фактору, за постійного значення інших факторів, будували за допомогою пакета прикладної програми «Math Cad 6.0».

Апроксимацію отриманої експериментальної ломаної лінії, яка побудована за результатами проведених досліджень, проводили за відомими стандартними методиками, при цьому величину відхилення визначали за способом найменших квадратів, яка описується залежністю :

$$\Theta = \sum_{i=1}^N \varepsilon^2 = \sum_{i=1}^N (m_{i_e} - m_{i_m})^2, \quad (2.42)$$

де $\Theta = \varepsilon^2$ - величина “неузгодженості”;

m_{i_e} , m_{i_m} - відповідно теоретичне, визначене за емпіричною формулою та експериментальне значення i -го дослідження.

Визначено невідомі коефіцієнти регресії квадратичного полінома за формулами і отримані значення коефіцієнтів регресії зведено у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Значення коефіцієнтів рівнянь регресії

Коефіцієнти	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{11}	b_{22}	b_{33}
Значення	8,773	0,912	-2,589	1,54	-0,282	0,165	-0,277	-0,008	0,589	0,231

Тоді загальний вигляд рівняння регресії передачі максимального обертового моменту ПЗМ за результатами проведених ПФЕ 3³ у кодovаних величинах має вигляд:

$$T_{(x_1, x_2, x_3)} = 8,773 + 0,912x_1 - 2,589x_2 + 1,54x_3 - 0,282x_1x_2 + 0,165x_1x_3 - 0,277x_2x_3 - 0,008x_1^2 + 0,589x_2^2 + 0,231x_3^2. \quad (2.43)$$

де x_1 - кодоване значення частоти обертання (n);

x_2 - кодоване значення кута нахилу лунок (α);

x_3 - кодоване значення жорсткості пружини (C).

Коефіцієнт b_{11} є незначним, тому в подальших розрахунках ним будемо нехтувати. Відповідно у натуральних величинах (координатах) рівняння регресії (1) матиме вигляд:

$$T_{(n, \alpha, C)} = 85,524 + 1,226 \cdot 10^{-2}n - 2,693\alpha + 0,645 \cdot C - 2,35 \cdot 10^{-4}n\alpha + 3,125 \cdot 10^{-4}nC - 2,518 \cdot 10^{-2}\alpha C + 2,356 \cdot 10^{-2}\alpha^2 + 4,773 \cdot 10^{-2}C^2. \quad (2.44)$$

Отримане рівняння регресії (1) та регресійна залежність (2) можуть бути використані для визначення величини передачі максимального обертового моменту T залежно від частоти обертання n , кута нахилу лунок α та жорсткості пружини C у таких межах зміни вхідних факторів:

$$0 \leq n \leq 480 \text{ (об/хв.)}; 50 \leq \alpha \leq 60 \text{ (град)}; 12,1 \leq C \leq 16,5 \text{ (Н)}.$$

Для визначення впливу основних конструктивних та силових параметрів ПМЗ на величину передачі максимального обертового моменту використовували програмне забезпечення “Statistica-6.0” для ПК, за допомогою якого побудували графічне відтворення проміжних загальних регресійних моделей у вигляді квадратичних поверхонь відгуку та їх двомірних перерізів як функцію від двох змінних факторів за постійного незмінного рівня відповідного третього фактора. Графічні значення результатів залежності передачі максимального обертового моменту ПЗМ при відповідних конструктивних параметрах (діаметр розміщення елементів зачеплення $D = 100$ мм; середній діаметр внутрішнього отвору рухомого диску веденої півмуфти $d = 48$ мм; попередня деформація (підтиск) пружини $\Delta_o = 4$ мм; поточна деформація пружини (в режимі розчеплення півмуфт ПМЗ) $\Delta_n = 6$ мм; кількість елементів зачеплення: кульок (метал) $z_1 = 3$, конічних стержнів (капролон) $z_2 = 3$; діаметр конічних стержнів $d_c = 20$ мм; діаметр кульок $d_k = 20$ мм) з використанням «Mathcad 2000 Professional» наведено на рис. 2.4 – рис. 2.6.

Згідно проведеного аналізу регресійних рівнянь можна констатувати, що основними факторами, які впливають на збільшення величини передачі максимального обертового моменту, є фактори x_2 та x_3 , (α , C) і комбінації цих факторів.

Збільшення величини фактора x_1 (n) призводить до незначного збільшення величини передачі максимального обертового моменту. Загалом для збільшення величини передачі максимального обертового моменту ПМЗ необхідно збільшувати жорсткість пружини та частоту обертання муфти і зменшувати кут нахилу лунок.

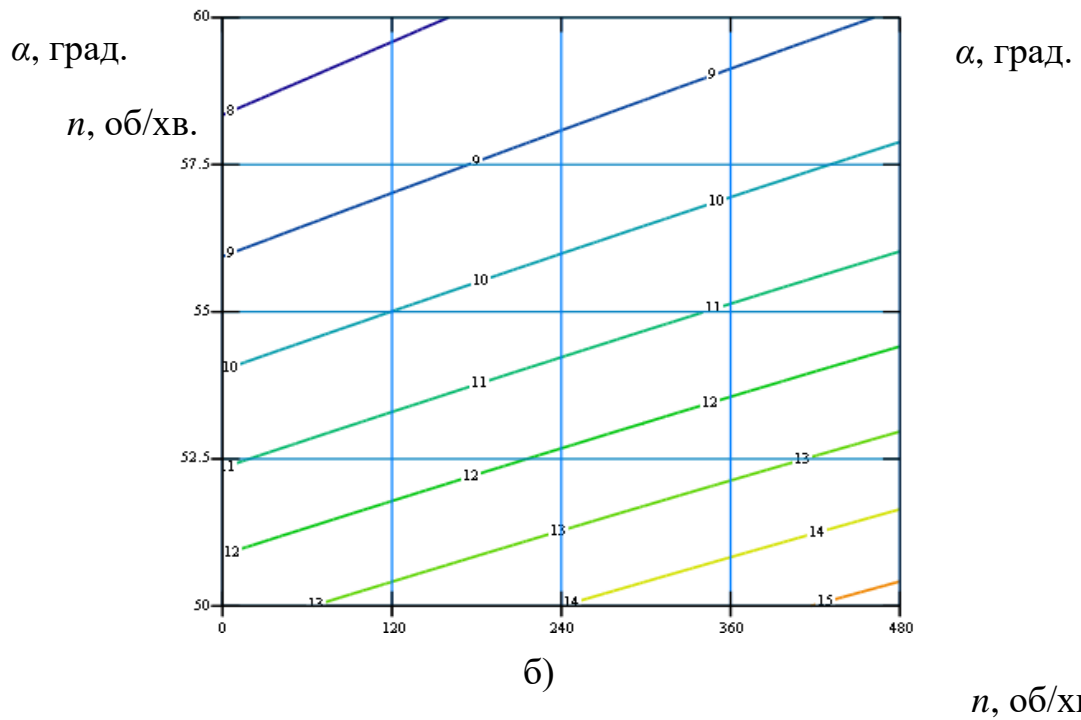
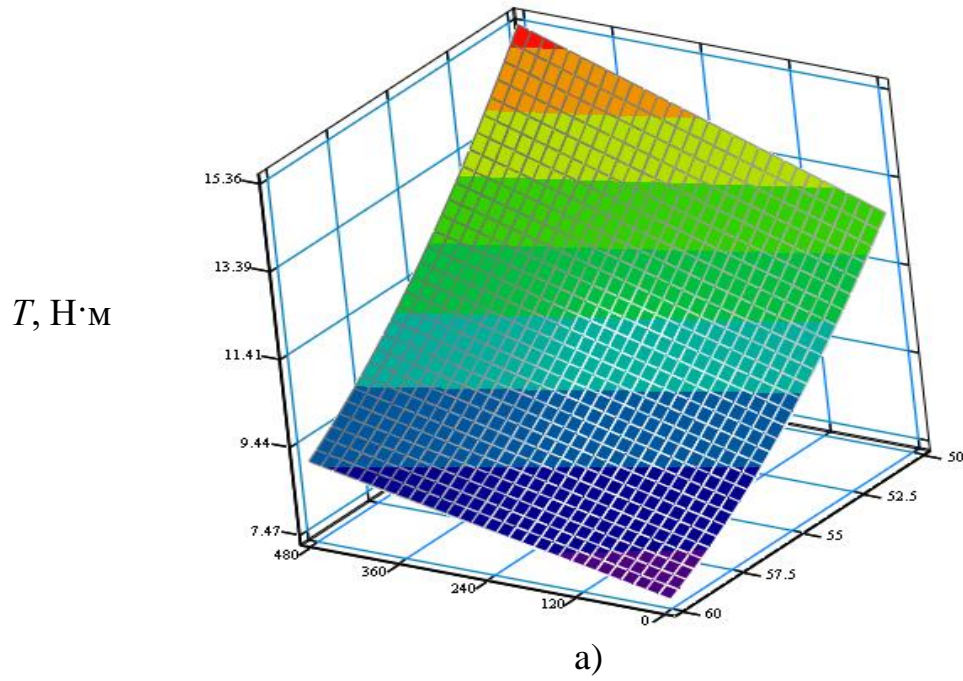


Рисунок 2.4 - Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності передачі максимального обертового моменту ($C = 16,5 \text{ Н/мм}$)

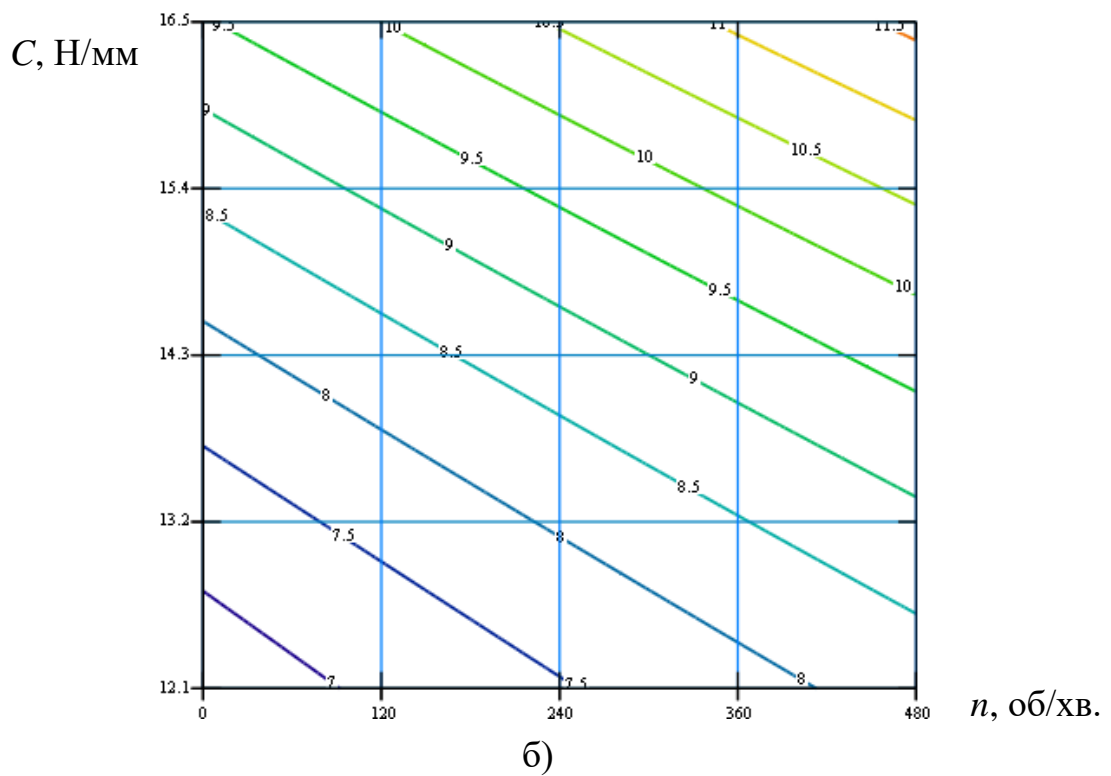
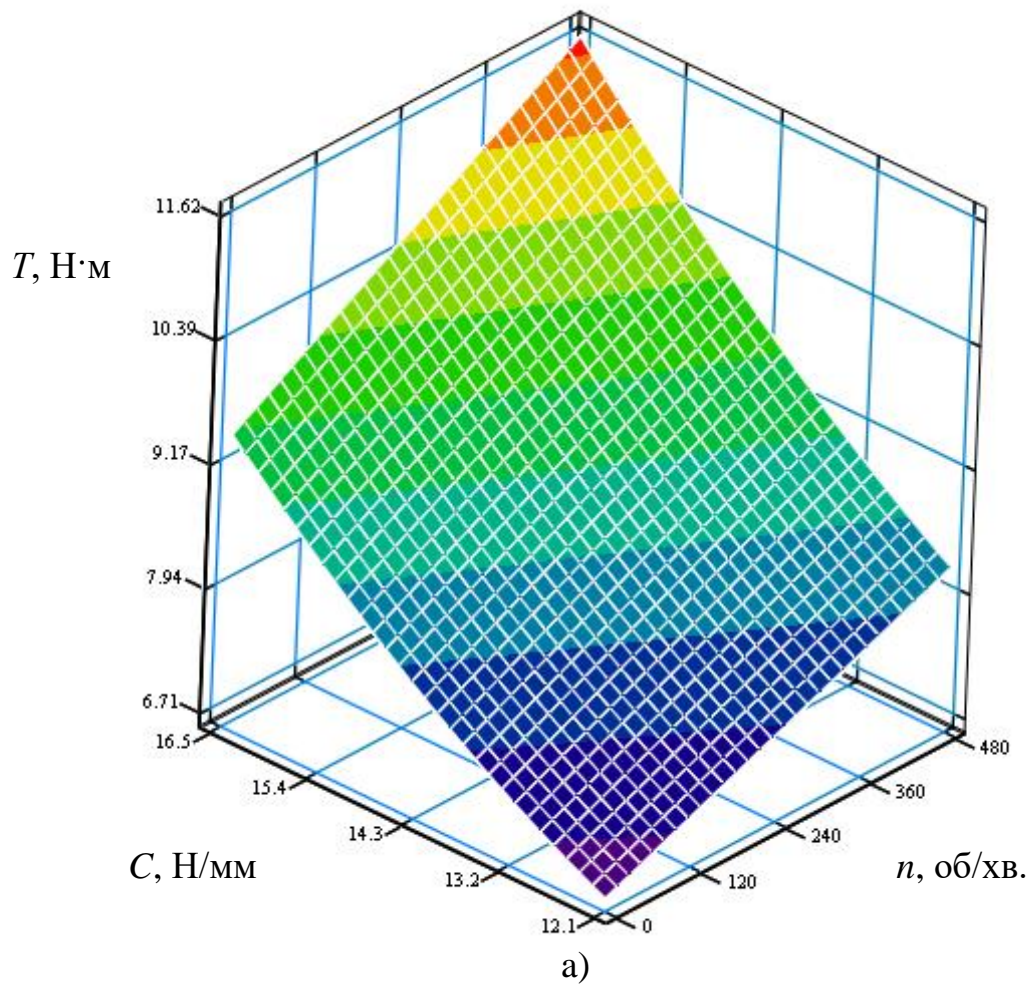


Рисунок 2.5 Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз поверхні відгуку (б) залежності передачі максимального обертового моменту ($\alpha = 55$ град)

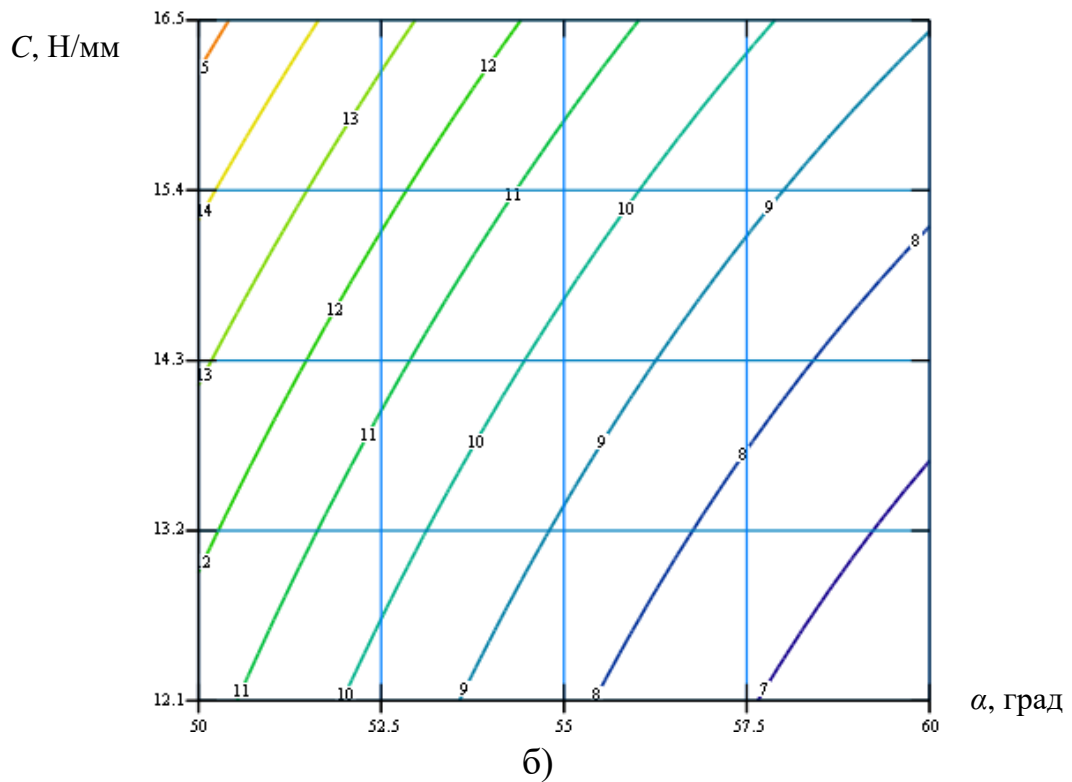
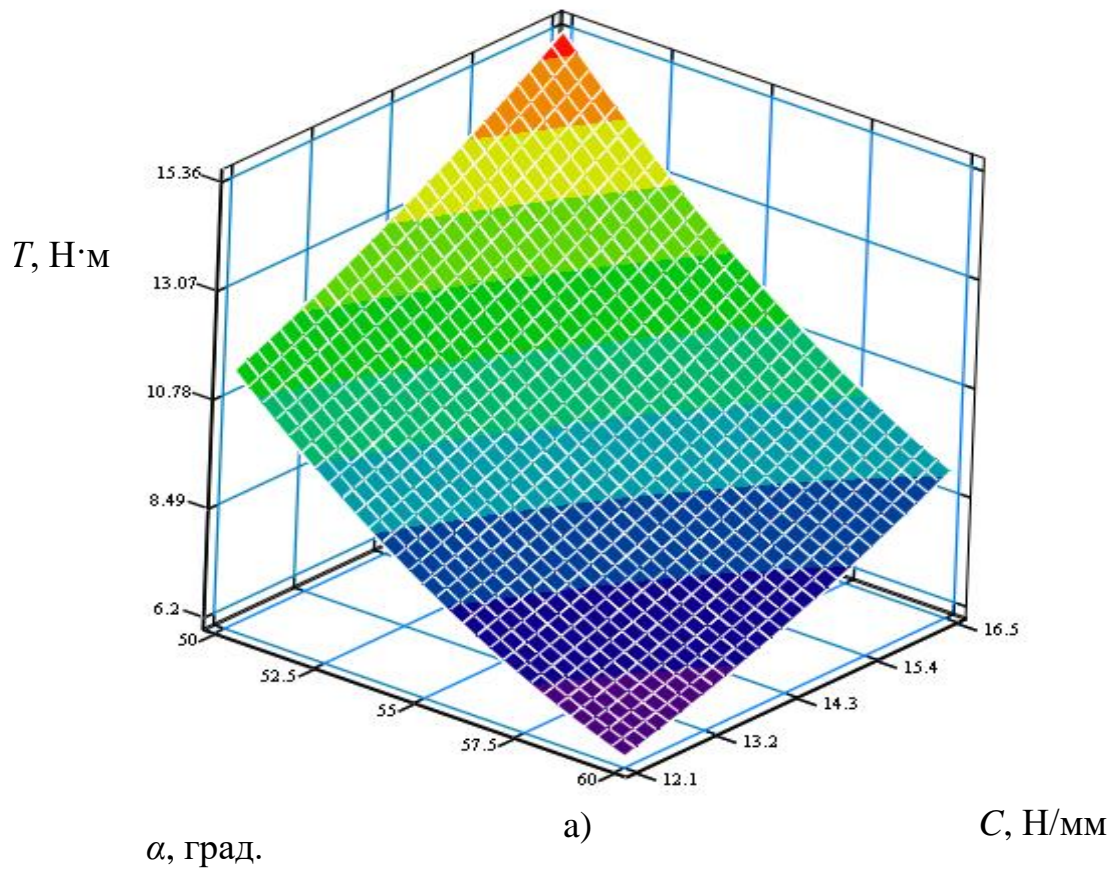


Рисунок 2.6 Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз поверхні відгуку (б) залежності передачі максимального обертового моменту ($n = 480$ об/хв.)

3 ЕЛЕКТРОНІКА, МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА САПР

3.1 Схема та принцип роботи установки

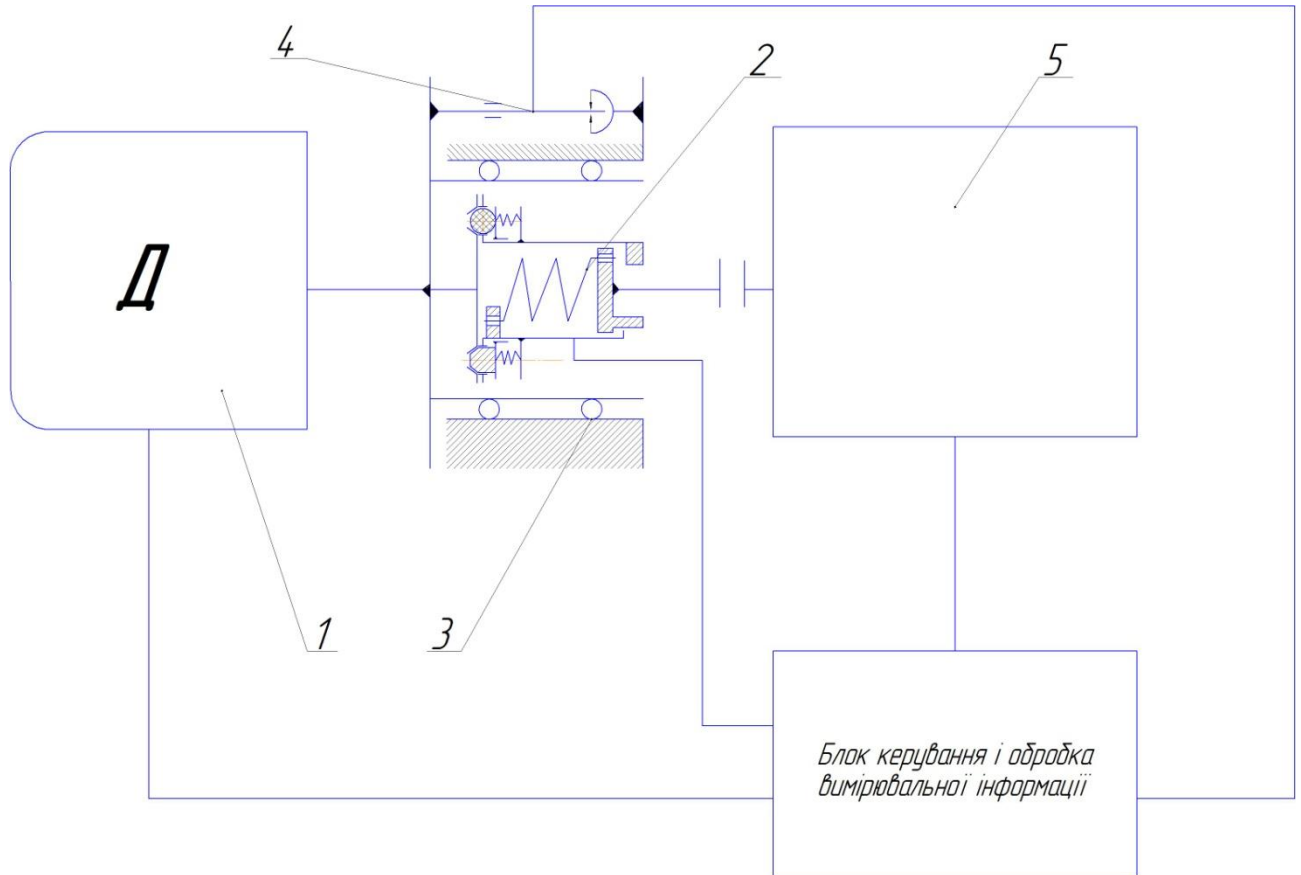


Рисунок 3.1 - Кінематична схема установки

Установка складається з асинхронного фланцевого двигуна 1, який зафіксований в нерухомому корпусі 3 з можливістю обертання навколо своєї осі в кулькових підшипниках. На валу двигуна змонтована досліджувана пружно-запобіжна муфта 2. Для створення навантаження в установці передбачене порошкове гальмо 5. Для вимірювання крутного моменту на валу двигуна, передбачений тензометричний пристрій 4.

Вимірювання крутного моменту здійснюється по принципу контролю реактивного моменту від обертання корпусу двигуна в процесі навантаження. Спроектowana установка дає можливість досліджувати наступні параметри запобіжних муфт :

1. При яких крутних моментах спрацьовує запобіжна муфта ;
2. Як впливає швидкість обертання муфти на її працездатність ;
3. При яких крутних моментах муфта починає включатись і при яких пружних моментах муфта жорстко з'єднує вхідний і вихідний вал.

3.2 Аналіз об'єкту вимірювання

Об'єктом вимірювання в проектованій установці є обертовий момент або момент сили. В фізиці момент сили можна розуміти як “обертаючу силу”.

Момент сили іноді називають моментом пари сил, це поняття виникло в працях Архімеда над плечами сил. Сила i^7 , прикладена до плеча, помножена на віддаль I до осі плеча, є моментом сили: $M = I \cdot F$

Наприклад сила $P_1 = 3$ Н, прикладена до плеча, віддаль до осі якого $I_1 = 2$ м, це те ж саме, що й $P_2 = 1$ Н прикладена до плеча, віддаль до осі якого $I_2 = 6$ м.

Більш точно момент сили частинки визначається як векторне представлення: $M = r \times F$, де F - сила, що діє на частинку, і r — радіус частинки.

В системі СІ одиницею виміру моменту сили є 1 Н·м.

На сьогоднішній день вимірювання моменту сили основане на декількох принципах, використовуються тензометричні, оптичні та індуктивні датчики. Об'єктом випробувань даної установки є дискові фрикційні муфти номінального крутного моменту $T = 100$ Н·м. Конструкція розміщена на установочній плиті, де послідовно з'єднані між собою двигун, досліджувана муфта, тензометричне кільце та навантажувальний механізм. Також до муфти, через динамометричний важіль, під'єднаний динамометр.

На рисунку 3.2 представлена схема роботи даного пристрою.

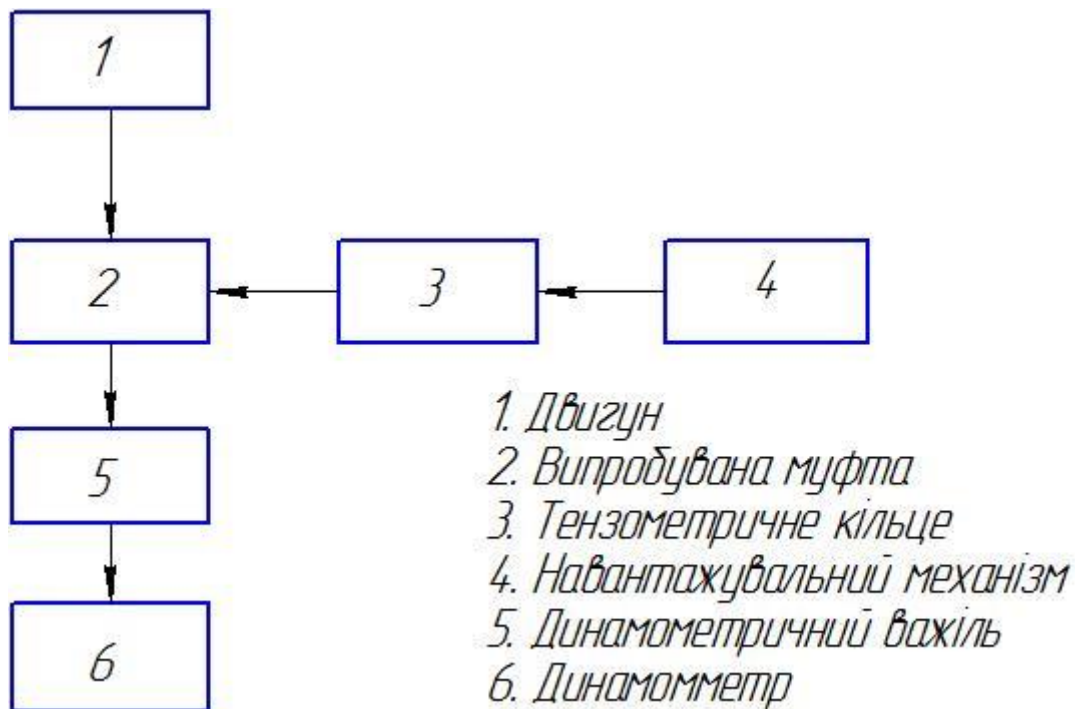


Рисунок 3.2 Схема роботи пристрою

Випробування відбувається наступним чином.

Диски випробувальної муфти попередньо прижимають один до одного і фіксують муфту(2) на установці. Обертний рух передається від двигуна(1) на муфту. Осьове зусилля створюється за допомогою навантажувального механізму(4) через тензометричне кільце(3) на муфту. При роботі установки динамометр(6) через динамометричний важіль(5) реєструє виникаючий між дисками крутний момент, а сумарне відхилення від площинності визначають по деформації тензометричного кільця (3).

3.3 Розробка структурної функціональної схеми

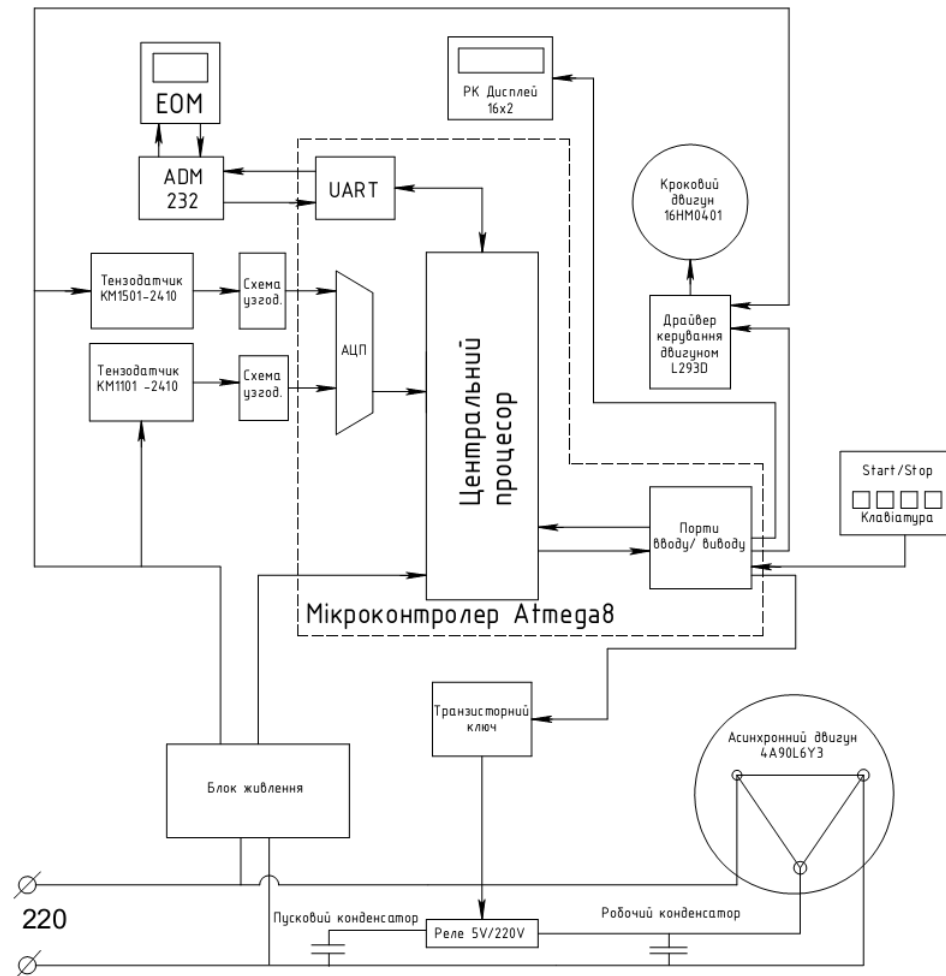


Рисунок 3.3 - Структурна схема блоку керування

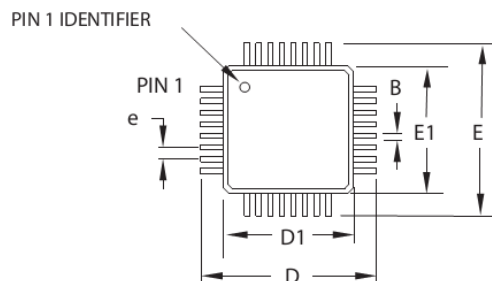
Дана схема працює наступним чином. Блок керування та асинхронний двигун живиться від мережі 220 В. Блок живлення перетворює змінну напругу мережі 220 В у постійну 24В та 5 В. Від напруги 24В живляться тензодатчики та драйвер крокового двигуна, а від напруги 5В живиться мікроконтролер. Вихідний сигнал тензодатчиків, через схему узгодження подається на АЦП, оцифровані сигнали обробляються у центральному процесорі та виводяться на РК дисплей. Керування пристроєм здійснюється за допомогою клавіатури, за допомогою якої вводяться необхідні команди. Команди відображаються на РК дисплеї. Також є можливість керувати пристроєм за допомогою ЕОМ, передбачається можливість збереження даних на ЕОМ.

Передача даних між блоком керування та ЕОМ здійснюється за допомогою порту UART, який є інтегрованим у мікроконтролері, а також мікросхеми ADM232, що узгоджує рівні сигналів між COM портом ЕОМ та UART. Асинхронний двигун запускається за допомогою реле, переключення реле здійснюється за допомогою транзисторного ключа. Робота крокового двигуна забезпечується драйвером крокового двигуна L293D.

3.4 Вибір елементної бази та визначення габаритних розмірів електронного блоку вимірювання.

У якості мікроконтролера обираємо АТмега8 виробника Atmel. Вибір ґрунтується на наступних факторах:

- Допустима напруга живлення;
- Максимальна тактова частота процесора;
- Наявність інтегрованого АЦП;
- Наявність інтегрованого UART, швидкість передачі даних.



SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	1.20	
A1	0.05	-	0.15	
A2	0.95	1.00	1.05	
D	8.75	9.00	9.25	
D1	6.90	7.00	7.10	Note 2
E	8.75	9.00	9.25	
E1	6.90	7.00	7.10	Note 2
B	0.30	-	0.45	
C	0.09	-	0.20	
L	0.45	-	0.75	
e	0.80 TYP			

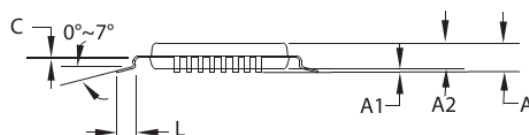


Рисунок 3.4 - Габаритні та приєднувальні розміри

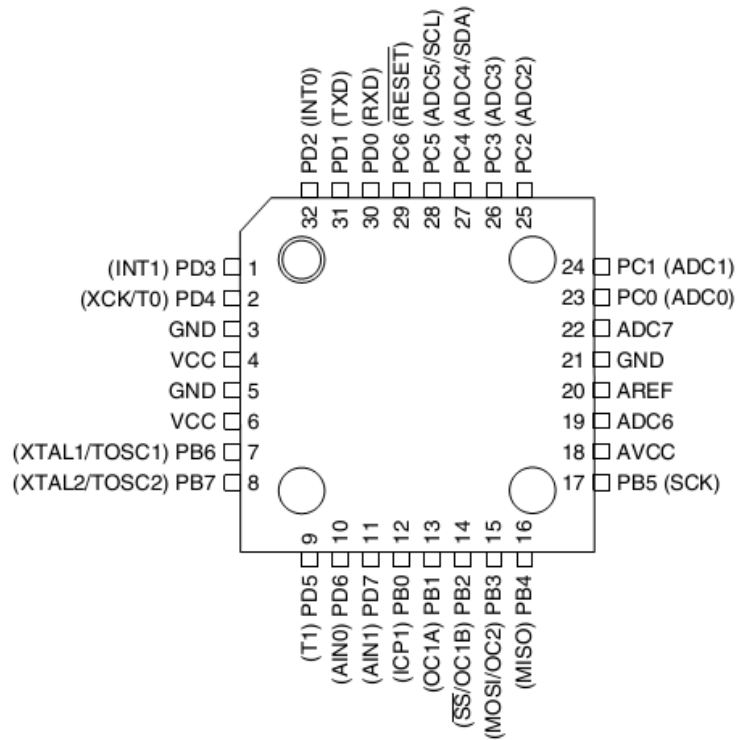


Рисунок 3.5 - Позначення та розміщення виводів мікроконтролера

Блок живлення розроблено на основі трансформатора OM 0,063 220-24 В.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики OM 0,063 220-24 В

Вхідна напруга, В	220
Вихідна напруга, В	24
Потужність, Вт	63
Габаритні розміри, мм	110x80x125
Вага, кг	2

Напругу в 5 В отримуємо за допомогою перетворювача напруги L7805.

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики L7805

Вхідна напруга, В	24
Вихідна напруга, В	5
Температурний діапазон, С	-65...150

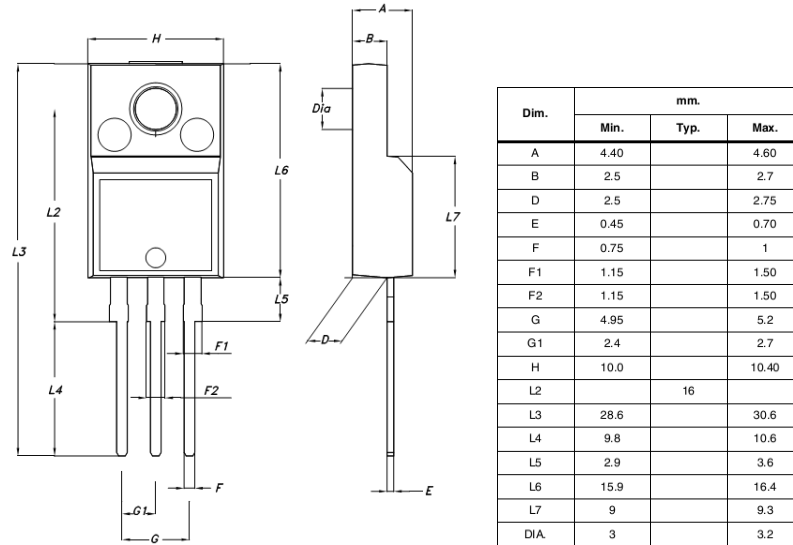


Рисунок 3.6 - Габаритні розміри L7805

В якості драйвера крокового двигуна обираємо L293D.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики L293D

Напруга живлення мікросхеми, В	4,7...7
Напруга живлення двигунів, В	4,7...36
Робочий струм фаз, А	0,6
Максимальний струм фаз, А	1,2
Робочий діапазон температур, С	-65...150

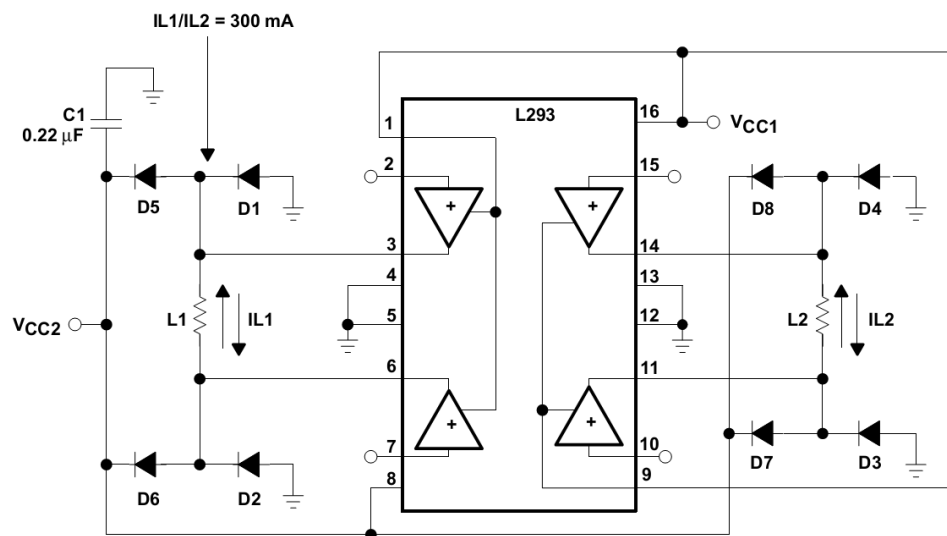


Рисунок 3.7 - Принципова схема підключення біполярного крокового двигуна

Для узгодження COM порту та UART обираємо мікросхему ADM232. Дана мікросхема розроблена для узгодження рівнів сигналів COM порту та UART.

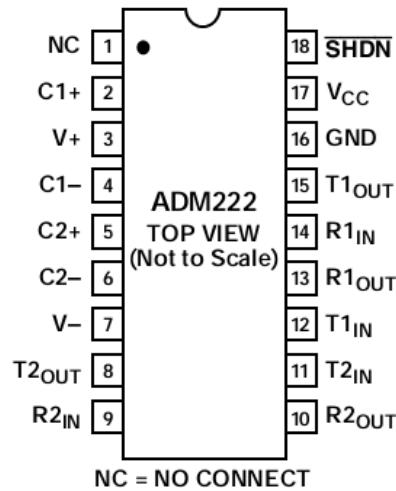


Рисунок 3.8 - Позначення та розміщення виводів

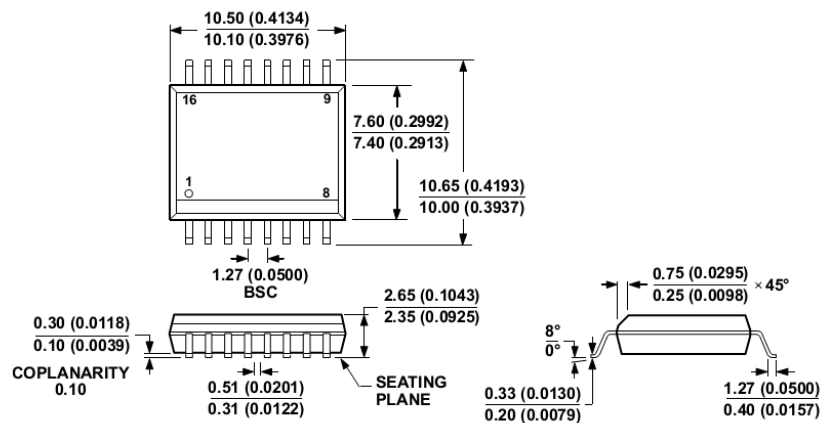


Рисунок 3.9 - Габаритні та приєднувальні розміри

Транзисторний ключ побудований на основі біполярного транзистора КТ375А. Увімкнення мережі 220 В здійснюється за допомогою реле Relpol – 1005-5220.

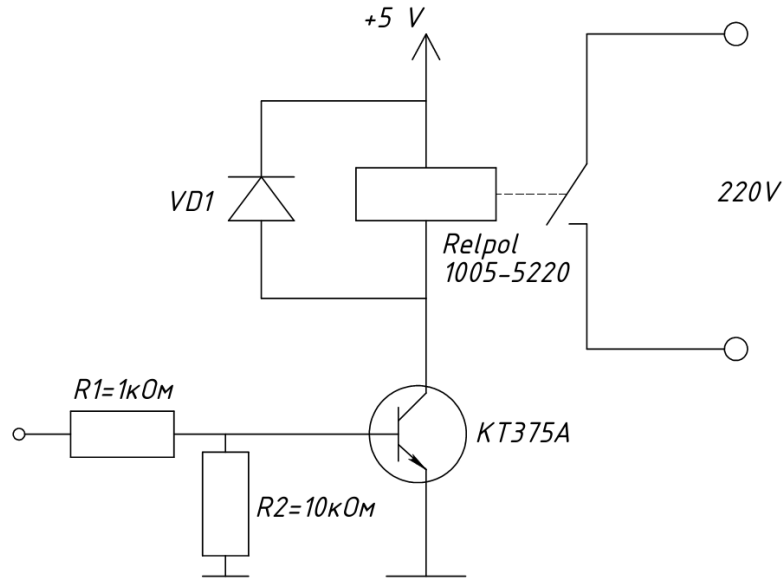


Рисунок 3.10 - Схема увімкнення асинхронного двигуна

Ключ працює наступним чином. При подачі високого рівня сигналу на базу транзистора, через подільник напруги, транзистор відкривається внаслідок чого замикається коло живлення реле, спрацьовує електромагніт який замикає контакти реле, які керують колом змінної напруги. Дана схема використовується для того, щоб ізолювати силову частину пристрою від делікатного блоку керування який працює із низькими напругами.

Для пристрою обрано дисплей виробника WinstarWH1602a. Дисплей містить вбудований LSI-контролер, цей контролер має два 8-бітних регістри, регістр інструкцій і регістр даних. Регістр інструкцій зберігає коди інструкцій такі, як очистка дисплея зсув курсора, інформацію для відображення даних (DDRAM) з оперативної пам'яті та генератор символів (CGRAM). Регістр інструкцій може бути записаний лише з мікроконтролера. Регістр даних тимчасово зберігає дані для читання або запису з DDRAM або CGRAM. Дисплей може відображати 2 рядки символів, в кожному рядку по 16 символів. Розміри символів 2.95x5.55.

3.5 Схема включення датчиків

Оскільки вихідний сигнал датчиків є аналоговим і лежить в межах 0...10 В, а робоча напруга мікроконтролера – 0...5 В, нам необхідно розробити схему включення датчиків, щоб узгодити рівні напруг мікроконтролера та датчиків.

Для узгодження розроблено схему, яка матиме вигляд подільника напруг із наступними характеристиками:

Таблиця 3.4 – Вихідні дані для розрахунку подільника

Вихідна напруга з датчика, В	0...10
Максимальна вхідна напруга АЦП, В	0...5
Вихідний струм з датчика, мА	4...20

Коефіцієнт поділу визначено за формулою:

$$k_n = \frac{U_{\text{ВХ}}}{U_{\text{ВИХ}}} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

$$k_n = \frac{10}{5} = 2$$

Визначаємо відношення резисторів:

$$\frac{R_1 + R_2}{R_2} = 2$$

$$R_1 = R_2$$

Отже, резистори повинні бути однакового номіналу.

Підбір резисторів:

$$I = U/2R_1$$

$$R_1 = \frac{10}{2 \cdot 0.004} = 1250 \text{ Ом}$$

Вибір резисторів проведено зі стандартного ряду опорів E24 з запасом. Обираємо резистори із номінальним опором 1,3кОм. На вихід подільника під'єднаємо операційний підсилювач, щоб захистити вхід АЦП мікроконтролера від завищеної напруги та не споживати струм від датчика. Використаємо одноканальний, однополярний операційний підсилювач MAX 4166.

Таблиця 3.5 - Основні характеристики MAX 4166

Кількість каналів, шт	1
Вхідна напруга зміщення нуля, мВ	0,85
Вхідний струм зміщення, нА	150
Полоса пропускання, МГц	5
Напруга живлення, В	2,7...6,5
Струм живлення на канал, мА	1,5
Виключення	Так
Робоча температура, С	-40...+80

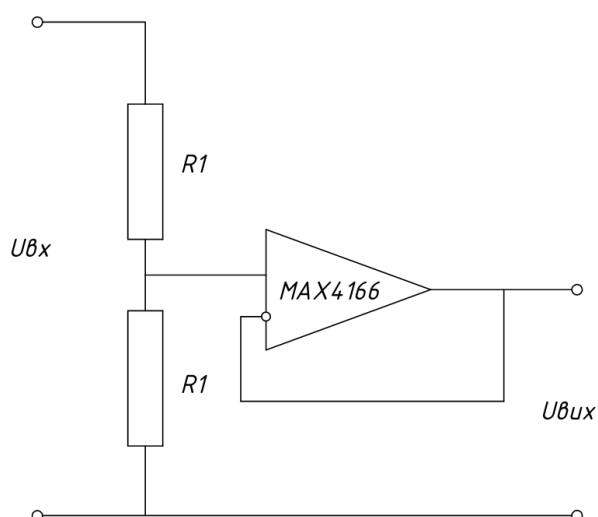


Рисунок 3.11 - Схема подільника напруг

3.6 Оцінка похибки вимірювання та габаритних розмірів блоку керування

Під час вимірювання використовується 10-бітний АЦП. Максимальний вихідний сигнал датчика становить 10 В при навантаженні у 2000 Н. Схема узгодження зменшує вихідний сигнал до рівня 5В. Визначаємо, який мінімальний сигнал може сприйняти АЦП. 10-бітний АЦП дискретизує аналоговий сигнал на $2^{10} = 1024$ значення. Отже, мінімальний сигнал який сприймає АЦП становить:

$$n = \frac{5\text{В}}{1024} = 0,00488 \text{ В} = 4,88 \text{ мВ}$$

Визначаємо, якому навантаженню відповідає даний сигнал. Складаємо пропорцію :

$$\frac{2000\text{Н}}{x} = \frac{5 \text{ В}}{0.00488 \text{ В}}$$

Звідки:

$$x = \frac{2000 \cdot 0,00488}{5} = 1,95 \text{ Н}$$

Отже, даний АЦП дозволяє вимірювати навантаження з точністю $2000 \text{ Н} \pm 1,95 \text{ Н}$.

Оцінку габаритних розмірів блоку керування проводитимемо по основних елементах та їхніх габаритних розмірах.

Таблиця 3.6 – Габаритні розміри основних елементів блоку керування

Елемент	Висота, мм	Ширина, мм	Довжина, мм
Трансформатор	125	80	110
Мікроконтроллер	1	9,25	9,25
Дисплей	13,2	44	84
ADM232	2,65	10	10,5
L239D	12	17	38

Отже, висота корпусу блоку керування повинна бути більшою чим висота найвищого елемента – приймаємо $H = 150$ мм.

Ширина та довжина повинна вміщати в собі усі елементи – приймаємо попередні розміри корпусу блоку керування вдвічі більші самого громіздкого елемента. Отже $L = 110 * 2 = 220$ мм, та $B = 80 * 2 = 160$ мм.

4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1 Критерії і показники економічної ефективності нової техніки

Існуючий технічний рівень приладобудівної промисловості дозволяє автоматизувати і механізувати практично любую технологічну операцію. Але, далеко не завжди, це є економічно ефективно.

Автоматизація і механізація промисловості можуть здійснюватися із застосуванням різноманітного обладнання, з використанням самих різноманітних транспортних і контрольних пристроїв. Отже, виникає необхідність в економічній оцінці варіантів технічних і організаційних рішень приладобудівної промисловості.

Втілення нової техніки на виробництві може сприяти досягненню найменших затрат суспільної праці, збільшенню випуску і підвищенню якості продукції, полегшенню і оздоровленню умов праці.

Економічна ефективність нової техніки повинна базуватися на оптимальних рішеннях, прийнятих, в першу чергу, виходячи з народногосподарських інтересів по критеріях, які відповідають цілям суспільної промисловості і органічно зв'язаних із законом соціального господарювання: досягнення в інтересах суспільства найбільших результатів при найменших затратах.

Критерієм народногосподарської економічної ефективності являється економія затрат суспільної праці, що рівноцінно росту ефективності всієї узагальнюючої праці. Водночас з критеріями важливо правильно визначити показники економічної ефективності нової техніки. Економічна ефективність нової техніки оцінюється за допомогою вартості і натуральних показників.

До вартісних показників відносяться капітальні вкладення, рентабельність виготовлення, економія приведених затрат і інші.

До натуральних показників, які розкривають сутність нової техніки, відносяться трудоемкість, виробіток на одного працюючого, чисельність обслуговуючого персоналу, ефективність обладнання, термін дії обладнання, число одиниць ремонтної складності обладнання і інше. Кожний з цих показників, як правило, відображає яку-небудь одну сторону промисловості.

Між вартісними і натуральними показниками існує прямий зв'язок. Так, рентабельність пристрою впливає на випуск продукції, її собівартість, ефективність роботи. Енергомісткість впливає на ефективність приладів, яка в свою чергу впливає на вказані вище показники. Термін дії пристрою впливає на питомі капітальні вкладення і амортизацію відрахувань і т. д. При цьому натуральні показники як фактори, які визначають вартість, служать головним чином для розрахунку останніх, але не можуть служити основою для вибору варіантів нової техніки.

4.2 Розрахунок затрат на виготовлення установки

Затрати на виготовлення нового пристрою за розрахунковий період визначається за формулою

$$Z_{вн} = \sum_{t=t_n}^{t_k} Z_{вт} \cdot K_{нрт}, \quad (4.1)$$

де $Z_{вт}$ – поточні витрати на виробництво нового пристрою в t-му році, вимагаючи амортизаційні відрахування:

$K_{нрт}$ – коефіцієнт пропорційності:

t_k – кінцевий рік розрахункового періоду:

t_n – перший рік розрахункового періоду.

Оскільки проектується нова установка, що впроваджується у виробництво, то коефіцієнт приведення $K_{np}=1$. Тоді формула приймає вигляд

$$Z_{вн} = \sum_{i=1}^n Z_{нвi}, \quad (4.2)$$

де $Z_{нвi}$ — поточні витрати по варіантах калькуляційних статей.

Розрахуємо поточні витрати конкретно для кожної калькуляційної статі.

Затрати на сировину і матеріали розраховуються на основі норм їх витрат і відповідних оптових за формулою

$$H_3 = \sum_{i=1}^n H_{Mi} \cdot Ц_{Oi}, \quad (4.3)$$

де H_3 — затрати на сировину та матеріали:

H_{ni} — норма затрат і-тих сировин та матеріалів на пристрій:

n —кількість найменувань сировини і матеріалів, з яких виготовляється установка.

Із визначеної суми затрат вираховується величина поверхневих відходів. Їх розмір можна прийняти на рівні 2-3% від затрат сировини і матеріалів, розрахованих за нормами витрат. До отриманого результату слід додати транспортно-заготівельні затрати на рівні 6-10% преїскурантної ціни. Дані занесені в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Визначення величини затрат на сировину матеріалу

Назва матеріальних ресурсів	Сдиниця виміру	Норма витрат на виготовлення пристрою	Ціна за одиницю грн	Затрати Сировини Матеріалів грн	Величина відходів грн	Затрати без величини відходів грн	Транспортно-заготівельні затрати грн	Загальна сума затрат грн
Сталь 3	кг	120	2	240	10	230	14,4	244,4
Сталь 40	кг	5	1,8	15	0,5	14,5	0,9	15,4
Сталь45	кг	8	1,8	24	0,4	23,6	1,44	25,04
Сталь35	кг	12	2,70	32,4	0,8	31,6	1,94	1,32
Пластмас	кг	0,5	1,50	1,25		1,25	0,07	33,54
Разом				312,65	11,7	300,95		319,7

Розрахунок вартості купованих напів фабрикатів, деталей і виробів проводиться таким чином

$$K_{нд} = \sum_{i=1}^n H_i C_{Hi}, \quad (4.4)$$

де $K_{нд}$ – вартість купованих напівфабрикатів і деталей, що входять в пристрою;

H_i – кількість і-тих купованих напівфабрикатів і деталей, що входять в пристрій;

C_n – оптова ціна одиниці і-тих купованих напівфабрикатів і деталей, що входять в пристрій.

Розрахована вартість купованих деталей і напівфабрикатів збільшується на величину транспортно-заготівельних витрат в розмірі до 6-10% від преїскурантної вартості. Дані занесені до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок затрат на куповані напівфабрикати і деталі

Найменування комплектуючої	К-ть шт.	Ціна грн	Сума грн	ТЗЗ грн	Загальні затрати грн
Болт М4	8	15	120	0,72	120,72
Болт М5	8	18	144	0,86	144,86
Болт М6	12	10	120	0,72	120,72
Болт М8	96	10	960	5,7	965,7
Болт М10	4	15	60	0,36	60,36
Болт М12	4	15	60	0,36	60,36
ГайкаМ4	8	15	120	0,72	120,72
ГайкаМ5	8	18	144	0,86	144,86
ГайкаМ10	4	20	80	0,48	80,48
Порошкове гальмо	4	225	900	5,400	905,40
Датчик індуктивний	2	275	550	3,30	553,3
Резистор	42	12	504	3,02	507,02
Конденсатор	17	18	306	1,83	307,8
Діод	9	25	225	1,35	226,35
Транзистор	38	35	1330	7,98	1337,98
Мікросхема	27	200	5400	32,4	5432,4

Затрати енергії на технологічні цілі розраховуються за формулою

$$Z_{ET} = \sum_{i=1}^n H_{ei} \cdot T_{ei}, \quad (4.5)$$

де Z_{em} –затрати на енергію, яку використовують в технологічних цілях;

H_{ei} – норма витрат і-го виду енергії на виготовлення одного пристрою;

T_{ei} – тариф за одиницю витрат і-тих видів енергії;

n –кількість видів енергії.

$H_{ei}=100\text{кВт}$;

$T_{ei}=0,25\text{грн/кВт}$;

$Z_{em}=25\text{грн}$.

Затрати на основну заробітну плату робітників, зайнятих виготовленням пристрою, визначається по трудомісткості виготовлення деталей по всіх видах робіт, величину тарифних ставок відповідних розрядів та процент доплат, що входять до основної зарплати робітників.

$$Z_o = \sum_{i=1}^n T_i \cdot TC_i \cdot K_o, \quad (4.6)$$

де T_i – трудомісткість i -тих видів робіт по виготовленню пристрою;

TC_i – величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розряду i -тих робіт;

K_o – коефіцієнт доплат, що входять до основної заробітної плати;

n – кількість видів робіт.

Дані занесені до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок трудомісткості робіт

Перелік візлів, що виготовл.	Трудомісткість робіт, нормо-годин.				
	Заготіве- льних	Межа- нічних	Складаль- них	Контро- льних	Фарбу- вальних
Основа	2	15	0,5	1	1
Опора	1	4	1	0,2	0,5
Пальці напрмні	0,5	7	0,5	0,3	–
Кронштейн	0,5	5	1,2	0,1	0,3
Корпус	1,5	10	1,5	0,1	0,2
Друк. Плата	0,5	0,5	–	0,3	–
Разом	6	41,5	4,7	2	2

Величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розряду i -тих видів робіт визначається так :

$$TC_i = TC_1 * TK_c \quad (4.7)$$

де TC_1 – величина тарифної ставки першого розряду;

TK_c – середній тарифний коефіцієнт.

Враховуючи особливості виробництва приймаємо середній тарифний коефіцієнт 1,23. Тоді по формулі отримуємо:

$$TC = 75 * 1,24 = 92,25, \quad (4.8)$$

Коефіцієнт доплат, що входять до основної зарплати, визначаються за даними заводу, який виготовляє запроєктований пристрій або аналог.

В укрупнених розрахунках він може прийматись рівним 1,35-1,40. По формулі отримуємо

$$Z_o = 1,53 * 56,2 * 92,25 = 70 \text{ грн.}$$

Додаткова зарплата виробничих робітників розраховується в процентах до основної заробітної плати за даними заводу-виробника. В укрупнених розрахунках вона може прийматись на рівні 10-11%.

$$Z_d = 0,1 * Z_o = 0,1 * 70 = 7 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальне страхування і пенсійний фонд визначаються в процентах до всієї зарплати виробничих робітників і становлять 36%. Відрахування в фонд чорнобиля та фонд зайнятості становить відповідно 10% і 15%.

До затрат на підготовку і освоєння виробництва відносять затрати на проектування, розробку технологічного процесу. Проектування інструменту і технологічного оснащення, вартість виробів, які використовуються як взірці та інше. Визначаємо затрати на підготовку і освоєння виробництва виходячи із структури витрат відповідних статей.

Чисельність працівників, зайнятих технічною підготовкою виробництва визначається за формулою:

$$\text{ЧП}_T = \frac{T_{\text{ТП}}}{B_{\text{ч}} \cdot K_{\text{ВН}}}, \quad (4.9)$$

де $T_{\text{ТП}}$ – трудомісткість технічної підготовки виробництва;

$B_{\text{ч}}$ – плановий річний бюджет часу одного працівника;

$K_{\text{ВН}}$ – коефіцієнт виконання норм часу працівника.

Плановий річний бюджет часу працівника становить 1850год. Коефіцієнт виконання норм часу приймаємо рівним

$$T_{\text{ТП}}=12210$$

$$\text{ЧП}_T = \frac{12210}{1850 \cdot 1.1} = 6$$

Сума зарплати працівників за окладом

$$ЗП_o = \sum_{i=1}^k O_i \cdot \text{ЧП}_{T_i} \cdot 12, \quad (4.10)$$

де O_i – розмір місячних окладів i -тих категорій працівників;

ЧП_{T_i} – чисельність i -тої категорії працівників;

k –кількість категорій груп працівників.

$$ЗП_o = 120 * 3 * 12 + 105 * 12 * 3 = 8100 \text{грн.}$$

Величина основної та додаткової зарплати працівників

$$ЗП_{o\delta} = ЗП_o * (1 + K_{\delta}), \quad (4.11)$$

K_{δ} – коефіцієнт додаткової зарплати працівників, приймаємо $K_{\delta}=0,15$.

$$ЗП_{од} = 8100 * (1 + 0,15) = 9315 \text{ грн.}$$

Величина затрати на підготовку і освоєння виробництва нового пристрою визначається за формулою

$$З_{nn} = \frac{ЗП_{од} \cdot 100}{ЗП_{нв}}, \quad (4.12)$$

де $ЗП_{нв}$ – питома вага основної і додаткової зарплати на підготовку і освоєння виробництва пристрою аналогу, процентів;

$$ЗП_{нв} = 30\%$$

$$З_{nn} = \frac{9315 \cdot 100}{30} = 31050 \text{ грн.}$$

В одиничному і дрібносерійному виробництві затрати на підготовку і освоєння виробництва повністю виключаються з собівартості з собівартості пристрою.

Сума затрат на утримання і експлуатацію обладнання розраховується в процентах до основної затрати робітників. В укрупнених розрахунках проценти перерахованих затрат можна взяти на рівні:

–затрати на утримання і експлуатацію обладнання – 200%;

–цехових затрат – 160%;

–заводських затрат – 210%.

$$З_{ye} = З_o * 2 = 70 * 2 = 140 \text{ грн.}, \quad (4.13)$$

$$З_{ц} = З_o * 1.6 = 70 * 1.6 = 112 \text{ грн.}, \quad (4.14)$$

$$З_з = З_o * 2.1 = 70 * 2.1 = 147 \text{ грн.}, \quad (4.15)$$

Інші виробничі та поза виробничі затрати розраховуються в процентах до заводської собівартості.

Значення цих процентів визначається за даними заводів виробництв пристроїв. Вони можуть бути прийняті на рівні 1-2%. Дані занесені в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахункові поточні витрати

Калькуляційні статі	Сума затрат по варіантах	
	Базовий	Проектний
Сировина і матеріали за виключенням відходів	574,20	319,7
Куповані напівфабрикати та деталі	1220,17	1058,51
Паливо та енергія на технологічні цілі	129	78
Основна і додаткова зарплата робітників	77	77
Нарахування на зарплату	9315	9315
Витрати на підготовку та освоєння виробництва	38,50	31,05
Витрати на утримання і експлуатацію пристрою	280,70	140
Цехові витрати	195,60	112
Загальні заводські витрати	215,36	147
Поза виробничі витрати		11,20
Повна собівартість	11045,53	10479,46

4.3 Визначення лімітної ціни пристрою

Лінійна ціна-це максимальна оптова ціна, яка відповідає певним техніко-економічним параметрам нового пристрою, відображає покращення його споживчих якостей в порівнянні з зразками, що замінюється, і зацікавлює споживача нового пристрою в його використанні

$$Ц_{л} = C_{nn} + П_{н} \quad (4.16)$$

де C_{nn} - максимальний рівень нової собівартості нового пристрою;

$П_{н}$ - нормативна величина прибутку.

Максимальна величина собівартості нового пристрою визначається таким чином:

$$C_{nn}=0,85*C_{na}*PK \quad (4.17)$$

де C_{nn} - нова собівартість пристрою;
 0,85-нормативний коефіцієнт відносного здешевлення нового пристрою, який гарантує зниження оптових цін на одиницю кінцевого корисного ефекту;
 PK - комплексний показник якості.

Нормативна величина прибутку на новий пристрій приймається рівною 15% від повної собівартості:

$$C_{nn}=0,85*1,15*11045,53=10797,01\text{грн.}$$

$$Цл=10791,01+0,15*10479,46=12362,93\text{грн.}$$

4.4 Визначення затрат на експлуатацію установки

Величина поточних експлуатаційних затрат за весь термін служби пристрою:

$$ПЗ_e = \sum_{s=1}^t (З_{noi} + З_{нді} + З_{зні} + З_{ei} + З_{pi} + З_{ii} + З_{бі} + З_{ni} + З_{yni}), \quad (4.18)$$

де $З_{noi}$ - затрати на основні матеріали в і-тому році служби;
 $З_{нді}$ - на допоміжні матеріали;
 $З_{зні}$ - на основну і додаткову заробітну плату;
 $З_{ei}$ - по всіх видах енергії як самого пристрою, так і технологічного процесу, де пристрій застосовується;
 $З_{pi}$ - на ремонт пристрою і технологічного обладнання;
 $З_{ii}$ - на інструмент;
 $З_{бі}$ - втрати від браку;
 $З_{ni}$ - на періодичні перевірки і наладки;

Z_{uni} - умовно постійні витрати;

t -строк служби пристрою.

Експлуатація пристрою потребує лише періодичного змащування рухомих вузлів в малих кількостях, тому $Z_{ноі}$ і $Z_{нді}$ можна не враховувати.

$$Z_{zni} = \frac{t_1}{60} TC_i (1 + K_{до}) (1 + K_{до}) (1 + K_{вз}) P, \quad (4.19)$$

де t_1 -час однієї вимірювальної операції;

$t_1=5-40$ хв.

TC_i - годинні тарифні ставки операторів i -го розряду;

$K_{до}$ - коефіцієнт доплат, що входить до основної зарплати;

$K_{до}$ - коефіцієнт додаткової зарплати;

$K_{вз}$ - коефіцієнт відрахувань на зарплату;

P - річна продуктивність пристрою.

$TC=1,01$ грн.

$K_{до}=0,4$;

$K_{до}=0,11$;

$K_{вз}=0,475$;

$P=5000$ оп/рік.

$$Z_{zni} = \frac{5}{60} 1,01(1 + 0,4)(1 + 0,11)(1 + 0,475)5000 = 964,61 \text{гр.}$$

Затрати на енергію:

$$Z_e = M \frac{t_1}{60} P \cdot a, \quad (4.20)$$

де M -потужність, споживання в технологічному процесі, де використовується новий пристрій

$M=1,25$ кВт.

t_1 -час вимірювань;

a -тариф за 1кВт/год.

$a=0,1$ грн.

$$Z_e = 1,25 \frac{5}{60} 5000 \cdot 0,1 = 52,08 \text{гр.}, \quad (4.21)$$

Затрати на ремонт пристрою по роках

$Z_{p1}=10$ грн; $Z_{p2}=15$ грн; $Z_{p3}=20$ грн; $Z_{p4}=30$ грн; $Z_{p5}=40$ грн; $Z_{p6}=50$ грн; $Z_{p7}=65$ грн;
 $Z_{p8}=80$ грн; $Z_{p9}=95$ грн; $Z_{p10}=110$ грн.

Пристрій спроектований з умовою найменшої кількості браку при його роботі, тому розрахунок витрат на брак не враховуємо. Пристрій працює автоматично тобто незалежно від іншого технологічного обладнання, тому розрахунку на ремонт технологічного обладнання не проводимо. Затрати на періодичні перевірки і наладки визначаються за формулою:

$$Z_{ni} = H_{nn} * Z_{nn} \quad (4.22)$$

де H_{nn} — кількість перевірок пристрою на протязі одного року;

Z_{nn} — величина затрат на одну перевірку.

$$H_{nn} = 12; Z_{nn} = 5 \text{грн.}$$

$$Z_{ni} = 12 * 5 = 60 \text{грн.}$$

Умовно постійні затрати вимагають в себе витрати на утримання і експлуатацію обладнання, цехові (загально виробничі) затрати і заводські (загальногосподарські) затрати і інші виробничі затрати.

$$Z_{yn} = 50 \text{грн.}$$

$$ПЗ_e = 11791,90 \text{грн.}$$

4.5 Визначення економічної ефективності

Економічний ефект від виготовлення та експлуатації пристрою за розрахунковий період складається з двох частин.

Економічний ефект від виготовлення виробу:

$$E_B = (C_n - Z_{нпр}) - (C_{\sigma} - Z_{\sigma пр}), \quad (4.23)$$

де $Z_{нпр}$ – затрати на виготовлення нового пристрою, приведені до розрахункового року;

$Z_{\sigma пр}$ – затрати на виготовлення заміщуваного пристрою;

C_n, C_{σ} – строк служби відповідно замінюваного та нового пристрою.

$$E_e = Z_{\sigma пр}^{\sigma} \frac{T_{c2}}{T_{c1}} - Z_{\sigma пр}^n, \quad (4.24)$$

де $Z_{\sigma пр}^{\sigma}$ – затрати поточні і разові по експлуатації замінюваного пристрою;

$Z_{\sigma пр}^n$ – затрати нового пристрою;

T_{c1}, T_{c2} – строк служби відповідно замінюваного та нового пристрою.

Тоді економічний ефект від виробництва і експлуатації пристрою за розрахунковий період становить.

$$E_{\sigma e} = E_{\sigma} + E_e \quad (4.25)$$

$$E_{\sigma} = (12363,93 - 10479,46) - (15000 - 13750) = 633,47 \text{ грн.}$$

$$E_e = 12960 * (10/10) - 11791 = 1169 \text{ грн.}$$

$$E_{\sigma e} = 633,47 + 1169 = 1802,47 \text{ грн.}$$

Дані занесені до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Основні технологічно складальні показники

Показники	Один. виміру	Показники		Результат
		Базового	Проектова- ного	
Строк служби	років	10	10	
Оптова ціна	грн	15000	12362,93	+
Прив. затрати на виготов.	грн	13750	10479,46	+
Прив. поточні експл. затрати	грн	12960	11791,90	+
Приведена зал. Вартість	грн	1400	900	
Економічний ефект	грн		1802,47	

Висновок: З розрахунку ми побачили, що має місце економічний ефект від виробництва і експлуатації установки для непрямого контролю відхилення форми циліндричних деталей, величина якого 1802,47 грн. Отже виготовлення і експлуатація спроектованої установки буде економічно вигідною.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Охорона праці

5.1.1 Розрахунок місцевого освітлення для спроектованої установки

Організація раціонального освітлення робочих місць – одне з важливіших питань охорони праці. При незадовільній освітленості різко знижується продуктивність праці, можливі нещасні випадки, поява близорукості, скоро проходить втома. Раціональне освітлення сприяє підвищенню продуктивності праці, його безпеки. При недостатньому освітленні і поганій його якості відбувається швидке стомлення зорових аналізаторів, підвищується травматичність. Занадто висока яскравість викликає явище осліплення, порушення функції ока.

В залежності від джерела світла освітлення буває трьох видів: природне, штучне і змінне. Штучне освітлення передбачається в всіх виробничих і побутових приміщеннях, де не достатньо природного світла, а також для освітлення приміщень в нічний час роботи. Для освітлення робочого місця оператора, при роботі з розроблюваною установкою для вимірювання шорсткості, використовуємо додаткове штучне освітлення.

Штучне освітлення виконується за допомогою електричних джерел світла двох видів: ламп накаливання і люмінесцентних ламп. Будемо використовувати люмінесцентні лампи, що у порівнянні з лампами накаливання мають ряд істотних переваг:

- по спектру випромінювання вони близькі до денного, природного світла;
- володіють більш високим ККД (у 1,5-2 рази вище, ніж ККД ламп накаливання);
- мають підвищену світловіддачу (у 3-4 рази вище, ніж у ламп накаливання);

- більш тривалий термін служби.

Розрахунок освітлення розробляється для кімнати площею 15м^2 , довжина якої 5м, ширина - 3 м. Скористаємося методом визначення світлового потоку.

Для визначення кількості світильників визначимо світловий потік, що падає на поверхню по формулі:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n}, \quad (5.1.1)$$

де F - світловий потік, що розраховується, Лм;

E - нормована мінімальна освітленість, Лк ($E = 300\text{Лк}$);

S - площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку $S = 15\text{м}^2$);

Z - відношення середньої освітленості до мінімального (звичайно приймається рівним $1,1 \dots 1 \dots 1,2$, нехай $Z = 1,1$);

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

n - коефіцієнт використання, (виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп і обчислюється в частках одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, фарбування стін і стелі (характеризуються коефіцієнтами відбивання від стін (СН) і стелі (СТ)), СН=40%, СТ=60%.

Значення n визначимо по таблиці коефіцієнтів використання різних світильників. Для цього обчислимо індекс приміщення по формулі:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A+B)}, \quad (5.1.2)$$

де S - площа приміщення, $S = 15 \text{ м}^2$;

h - розрахункова висота підвісу, $h = 2.92 \text{ м}$;

A - ширина приміщення, $A = 3 \text{ м}$;

B - довжина приміщення, $B = 5 \text{ м}$.

Підставивши значення отримаємо:

$$I = \frac{15}{2,92 \cdot (3+5)} = 0,64$$

Знаючи індекс приміщення I , по таблиці 7 [18] знаходимо $n = 0,22$

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку F :

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 15 \cdot 1,1}{0,22} = 33750 \text{ Лм}$$

Для освітлення вибираємо люмінесцентні лампи типу ЛБ40-1, світловий потік яких $F = 4320 \text{ Лк}$.

Розрахуємо необхідну кількість ламп по формулі:

$$N = \frac{F}{F_c}, \quad (5.1.3)$$

N – необхідна кількість ламп;

F - світловий потік, $F = 33750 \text{ Лм}$;

F_l - світловий потік лампи, $F_l = 8320$ Лм.

$$N = \frac{33750}{8320} = 4 \text{ шт.}$$

При виборі освітлювальних приладів використовуємо світильники типу ОД. Кожен світильник комплектується двома лампами. Отже для відповідного освітлення робочого місця оператора пристрій для контролю діаметру отвору $\varnothing 40H7$ у приміщенні площею 15 м^2 необхідно встановити 2 світильники типу ОД.

5.1.2 Використання і опис дії систем пожежогасіння, які використовують на підприємствах приладобудування

Пожежа - неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, яке призводить до матеріальної шкоди.

Причинами пожеж та вибухів на підприємстві є порушення правил і норм пожежної безпеки, невиконання Закону “Про пожежну безпеку”.

Небезпечними факторами пожежі і вибуху, які можуть призвести до травми, отруєння, загибелі або матеріальних збитків є відкритий вогонь, іскри, підвищена температура, токсичні продукти горіння, дим, низький вміст кисню, обвалення будинків і споруд.

Пожежу, яка виникла можна ліквідувати, якщо забрати один з трьох факторів необхідних для горіння: горючу речовину, окислювач, джерело тепла.

Існують два способи гасіння пожеж: фізичний та хімічний.

До фізичних способів припинення горіння відносяться:

- охолодження зони горіння або горючих речовин;
- розбавлення реагуючих речовин в зоні горіння негорючими речовинами;
- ізоляція реагуючих речовин від зони горіння.

Хімічний спосіб припинення пожежі – це хімічне гальмування реакції горіння. До основних засобів гасіння пожежі (з допомогою яких здійснюється той чи інший спосіб припинення горіння) відносяться:

- вода (у вигляді струменя або у розпиленому стані);
- інертні гази (вуглекислий газ, азот);
- піни хімічні та повітряномеханічні;
- порошкові суміші;
- покривала з брезенту та азбесту.

Вибір тих чи інших способів та засобів гасіння пожеж визначається в кожному конкретному випадку залежно від стадії розвитку пожежі, масштабів загорянь, особливостей горіння речовин та матеріалів.

Вода - найбільш дешева та поширена вогнегасна речовина. Це пояснюється:

- великою теплоємністю, високою термічною стійкістю (розкладається при температурі вище 1700°C);
- значним збільшенням об'єму при пароутворенні (1л води при випаровуванні утворює більше 1700л пари);
- охолоджує зону горіння.

Воду застосовують у вигляді потужних струменів і як пару. Струменем води збивають полум'я і одночасно охолоджують поверхню. Струменем води гасять тверді спалімі речовини; дощем і водяним пилом – тверді, волокнисті сипучі речовини, а також легкозаймисті та спалімі рідини (спирт, трансформаторна олія, тощо). Водяна пара застосовується для гасіння пожеж у приміщеннях об'ємом до 500 м³ невеликих загорянь на відкритих установках.

Промислові підприємства мають зовнішнє і внутрішнє протипожежне водопостачання. Необхідний тиск води створюється стаціонарними пожежними помпами, котрі забезпечують подання компактних струменів на висоту не менше 10 м або рухомими пожежними помпами і мотопомпами, що забирають воду із гідрантів.

Внутрішній протипожежний водогін обладнується пожежними кранами, які встановлюються на висоті 1,35 м від підлоги всередині приміщень біля виходів, у коридорах, на сходах. Кожний пожежний кран споряджається прогумованим рукавом та пожежним стволом.

Для гасіння пожеж всередині будівель, крім пожежних кранів встановлюються автоматично діючі спринклерні або дренчерні установки. Спринклерна установка водяної системи являє собою розгалужену мережу труб під стелею зі спринклерними головками (розбризкувачами), які закриті легкоплавкими замками, що розраховані на спрацювання при температурі 72, 93, 141, 182 °С. Установки мають контрольно-сигнальний клапан, який пропускає воду в спринклерну мережу, при цьому одночасно подає звуковий сигнал, контролює тиск води до і після клапану.

Дренчерні установки обладнуються розбризкуючими головками, які постійно відкриті. Вода подається в дренчерну систему вручну або автоматично при спрацюванні пожежних давачів, які відкривають клапан групової дії.

Інертні гази (вуглекислота, азот, аргон, інш.) особливо доцільно застосовувати тоді, коли застосування води може викликати вибух або поширення горіння, або ж пошкодження апаратури, обладнання, цінностей.

Вуглекислота виконує дві функції: охолоджуючу та ізолюючу.

Вуглекислота – газ без кольору і запаху. Він важчий від повітря в 1.5 рази; при 0°С і $P=36\text{атм}$ легко переходить у рідкий стан, тоді його називають вуглекислою. З 1л рідкої вуглекислоти при $t^{\circ}=0^{\circ}$ утворюється 50л газу. Зберігаються в сталевих балонах. Подача кислоти проводиться через раструби – диффузори, внаслідок чого відбувається переохолодження кислоти, що виходить і утворення вуглекислого снігу.

При використанні вуглекислоти необхідно врахувати її токсичність. При вдиханні повітря, яке містить 10% CO_2 , і не має запаху настає параліч дихання і смерть.

Азот не має ні кольору ні запаху. Порівняно з CO₂ в рідкий стан переходить при дуже низькій температурі (-195.8°C). Азот як засіб гасіння використовується по методу розбавлення спалимої речовини.

Вуглекислоту і азот застосовують в порівняно невеликих по об'єму приміщеннях, головним чином при гасінні речовин, що горять полум'ям (рідини, газу).

Оскільки вуглекислота відновлюється лужноземельними металами, її не можна застосовувати при гасінні цих металів.

Азот застосовують для заповнення вільних об'ємів з метою запобігання вибухів у виробничих установках.

Піни для гасіння пожеж являють собою суміш газу з рідиною. Пухирці газу можуть утворюватися всередині рідини в результаті хімічних процесів або механічного змішування газу (повітря) з рідиною. Гасіння піною заключається в тому, що пінне покриття є якби екраном, який запобігає дії тепла зони горіння на поверхню речовини. Піна запобігає виходу рідини в зону горіння, виявляючи ізолюючу дію. Піна виявляє і деяку охолоджуючу дію.

Хімічна піна утворюється в результаті такої реакції, при якій в рідкому середовищі утворюється будь-який газ. При змішуванні порошка з водою відбувається реакція з утворенням вуглекислого газу. Цю піну застосовують для гасіння нафтопродуктів.

Повітряно-механічна піна утворюється при механічному змішуванні повітря, води і поверхнево-активної речовини (наприклад, піноутворювача ПО-1).

5.1.3 Суть і зміст управління охороною праці

В умовах сучасного виробництва окремі приватні заходи щодо поліпшення умов праці, для попередження травматизації є неефективними. Тому їх здійснюють комплексно, створюючи в загальній системі керування виробництвом, підсистему керування безпекою праці. Таким чином, керування охороною праці - це програмно-цільовий комплекс по підготуванню, прийняттю і реалізації рішень (організаційно-технічних, і лікувально-профілактичних заходів), спрямованих на забезпечення безпеки, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Об'єкт керування - це безпека праці на робочому місці, ділянці, цеху, у всій системі людина-виробництво, характеризується взаємодією людей із предметами і знаряддями праці, виробничим середовищем.

Управлінням охороною праці займається начальник підприємства, який зобов'язаний створити в кожному структурному підрозділі і на робочому місці умови праці відповідно до вимог нормативних актів, а також забезпечити додержання прав працівників, гарантованих законодавством про охорону праці.

З цією метою забезпечується функціонування системи управління охороною праці, для чого начальник підприємства:

- * створює відповідні служби і призначає посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці, затверджує інструкції про їх обов'язки, права та відповідальність за виконання покладених на них функцій;
- * розробляє за участю профспілок і реалізує комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів з охорони праці, впроваджує прогресивні технології, досягнення науки і техніки, засоби механізації та автоматизації виробництва, вимоги ергономіки, позитивний досвід з охорони праці тощо;

- * забезпечує усунення причин, що призводять до нещасних випадків, професійних захворювань, і виконання профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками розслідування цих причин;
- * організовує проведення лабораторних досліджень умов праці, атестації робочих місць на відповідність нормативним актам про охорону праці в порядку і строки, що встановлюються законодавством, вживає за їх підсумками заходів щодо усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів;
- * розробляє і затверджує положення, інструкції, інші нормативні акти про охорону праці, що діють у межах підприємства та встановлюють правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках, робочих місцях відповідно до державних міжгалузевих і галузевих нормативних актів про охорону праці, забезпечує безплатно працівників нормативними актами про охорону праці;
- * здійснює постійний контроль за додержанням працівниками технологічних процесів, правил поводження з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт відповідно до вимог щодо охорони праці;

В разі відсутності в нормативних актах про охорону праці вимог, які необхідно виконати для забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці на певних роботах, зобов'язаний вжити погоджених з органами державного нагляду заходів, що забезпечать безпеку працівників.

У разі виникнення на підприємстві надзвичайних ситуацій і нещасних випадків, керівник зобов'язаний вжити термінових заходів для допомоги потерпілим, залучити при необхідності професійні аварійно-рятувальні формування.

5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.2.1 Закон і положення про цивільну оборону України

Техногенне, екологічне та природне становище України рік від року стає складнішим, зростає його негативний вплив на населення та навколишнє середовище. Тому, з набуттям Україною незалежності, враховуючи досвід економічно розвинутих країн, було розпочато законодавче оформлення Цивільної оборони, як державної системи органів управління та сил для організації і здійснення заходів щодо захисту населення від впливу наслідків надзвичайних ситуацій.

При розробці Закону України "Про Цивільну оборону України" та "Положення про ЦО України" основна увага зверталася на досягнення наступних напрямків [1]:

- Закон та Положення повинні враховувати світовий досвід побудови і здійснення заходів Цивільної оборони і повною мірою відповідати Женевській (1949 р.) Конвенції "Про захист жертв війни";

- відповідність системи захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій до умов, потреб і можливостей держави;

- відповідність організаційної структури створюваної системи до конституційної побудови державної виконавчої влади і прийнятого законодавства України з питань оборони, державної безпеки та надзвичайного стану;

- забезпечення високої реальної готовності органів управління, сил Цивільної оборони до дій за призначенням та високої ефективності цих дій,

Прийняття Закону "Про Цивільну оборону України" є наслідком клопіткої роботи фахівців штабів Цивільної оборони на чолі зі штабом ЦО України та зацікавлених міністерств і відомств.

Протягом року було опрацьовано декілька варіантів документів і 28 жовтня 1992 року Верховна Рада України розглянула і схвалила "Концепцію Цивільної оборони України", та в першому читанні Закон України "Про Цивільну оборону України", який було прийнято остаточно лише 3 лютого 1993 р.

Закон складається з преамбули та п'яти розділів, до складу яких входять 17 статей. За обсягом це невеликий документ, однак за змістом — дуже об'ємний, так як він коригує діяльність з питань захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій.

У преамбулі проголошено: "Кожен має право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, пожеж, стихійного лиха та на вимогу гарантій забезпечення реалізації цього права від Кабінету Міністрів України, міністерств та інших центральних органів виконавчої влади, місцевих державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування, керівництва підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності і підпорядкування.

Держава як гарант цього права створює систему Цивільної оборони, яка має на меті захист населення від небезпечних наслідків аварій і катастроф техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру".

Тобто, держава не тільки проголошує право населення на захист свого життя і здоров'я в умовах НС, але і гарантує це право, створюючи загальну систему захисту населення, систему цивільної оборони.

У статті 2 Закону підкреслено, що заходи цивільної оборони поширюються на всю територію України, всі верстви населення, а розподіл за обсягом і відповідальністю за їх виконання здійснюється за територіально-виробничим принципом".

Основними завданнями цивільної оборони України є:

— запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного походження і запровадження заходів щодо зменшення збитків та втрат у разі аварій, катастроф, вибухів, великих пожеж та стихійного лиха;

- оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій у мирний і воєнний часи та постійне інформування його про наявну обстановку;
- захист населення від наслідків аварій, катастроф, великих пожеж, стихійного лиха та застосування засобів ураження;
- організація життєзабезпечення населення під час аварій, катастроф, стихійного лиха та у воєнний час;
- організація і проведення рятувальних та Інших невідкладних робіт у районах лиха і осередках ураження;
- створення систем аналізу і прогнозування управління, оповіщення та зв'язку, спостереження і контролю за радіоактивним, хімічним і бактереологічним зараженнями, підтримання їх готовності для сталого функціонування у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часів;
- підготовка і перепідготовка керівного складу Цивільної оборони, її органів управління та сил, навчання населення вмінню застосовувати засоби Індивідуального захисту і діяти в надзвичайних ситуаціях.

Для виконання кожного з завдань необхідно здійснювати великий обсяг заходів, які потребують залучення значної кількості сил, засобів, матеріальних і фізичних витрат, вміння та високої відповідальності на всіх рівнях.

Наприклад, запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного походження передбачає запровадження і здійснення таких заходів:

- завчасна розробка і проведення інженерно-технічних заходів для зменшення ризику виникнення НС і захисту населення від впливу їхніх наслідків;
- готується науково обгрунтований прогноз наслідків можливих НС;
- здійснюється безпосереднє спостереження за станом потенційно-небезпечних об'єктів і навколишнього природного середовища;

Радіаційний та хімічний захист — це забезпечення людей засобами індивідуального захисту, організація і проведення спеціальної обробки,

встановлення та дотримання типових режимів радіаційного захисту.

Радіаційний та хімічний захист досягається:

- завчасним накопиченням та утриманням у готовності засобів індивідуального захисту, приладів радіаційної, хімічної розвідки та контролю;
- своєчасним впровадженням у практику застосування засобів, способів і методів виявлення, оцінки масштабів надзвичайних ситуацій, зумовлених аваріями на радіаційно та хімічно-небезпечних об'єктах, застосуванням зброї масового ураження;
- розробленням типових режимів радіаційного захисту населення і функціонування об'єктів господарської діяльності в умовах зараження місцевості .

5.2.2 Вплив розробленої установки на життєдіяльність людей

Інформаційна система установки створена для дослідження запобіжних пружних муфт.

Прояви шкідливого впливу на довкілля при здійсненні технологічного процесу виготовлення пристрою для дослідження муфт використовуються процеси, які негативно впливають на навколишнє середовище. Вони супроводжуються утворенням шкідливих речовин та залишками відходів. Відходами є залишки металічного пилу, надлишок флюсів припою, що залишається після пайки.

Операції пайки та зварки проходять з виділенням шкідливих випарів припою. Припой ПОС-61, що використовується при лудженні та пайці елементів, являє собою сплав олова та свинцю у співвідношенні 61:39. Як відомо, свинець легко накопичується і осідає у легенях. Знешкодження випарів свинцю проводиться шляхом введення у місце пайки додаткових реагентів– каталізаторів.

При проектуванні приладів точної механіки передбачають ефективні методи захисту навколишнього середовища від шкідливого забруднення.

Під час виготовлення установки використовується нанесення лакофарбового покриття.

При цьому використовуються різні методи і матеріали, до складу яких входять леткі розчинники, що можуть містити шкідливі речовини: бензол, толуол, ацетон тощо.

Під час виготовлення корпусу установки присутня операція точіння, яка включає використання змащувально-охолоджувальних речовин (ЗОР), зокрема води. Після цього, забруднена вода потрапляє у навколишнє середовище.

У технологічному процесі виготовлення стійок установки використовується шліфувальна операція. Під час цієї обробки і виготовлення деталі проходить викид у атмосферу маленьких частинок пилу.

У даній магістерській роботі такими міроприємствами вважаємо:

- зменшення ваги пристрою, а значить і зменшення видобутку сталі для виготовлення установки;

- зменшення ваги заготовок для виготовлення установки(для валів замість прокату вибираємо штамповики і т. д.).

Тому, що при плавці 1т металу у відкритих чавуннолиттєвих вагранках виділяється 900 - 1200 куб. м газу, що містить CO, CO₂, SO₂, NO₃, пари мастил, пил.

При обробці заготовок, верстати з емульсійним охолодженням виділяють за 1 годину на 1 кВт потужності

- води - 150г.

- туману емульсола - 0,0063г.

а шліфувальні відповідно:

- води - 150г.

- туману емульсола - 0,165г.

При шліфуванні виділяється пил, кількість якого залежить від діаметра шліфувального круга і становить від 117 до 310г\год.

6 ЕКОЛОГІЯ

6.1 Актуальність охорони навколишнього середовища

Вплив антропогенних факторів (тобто факторів, зумовлених діяльністю людей) на природу різко зріс. Взаємодія виробничо-господарських та природних процесів призвела до порушення взаємних зв'язків між елементами живої та неживої природи. Внаслідок цього відновлювальний потенціал природи став меншим дії суспільства на неї, що викликало початок незворотної зміни навколишнього середовища.

Окремим тягарем є гіганти індустрії з застарілими технологіями та устаткуванням, величезними об'ємами відходів, у тому числі й токсичних, які накопичувалися десятками років. Старі технології різних виробництв орієнтовані не на утилізацію, а на викид відходів.

Визнано, що одним із основних факторів виходу з глобальної екологічної кризи є якомога ширше та швидше впровадження найновіших технологій у різних виробництвах. Перш за все найсучасніших технологічних процесів у базових галузях виробництва (чорна та кольорова металургія, газо та нафтовидобувна промисловість, транспортування сировини, обробка матеріалів, виробництво енергії). Впровадження таких технологій - це зміна ставлення людини до довкілля через зменшення витрат сировини (природних ресурсів) і енерговитрат, підвищення якості виробництва і зменшення його вартості.

Згідно з законами України "Про охорону навколишнього природного середовища" та "Про екологічну експертизу" кожен проект, що розробляється, необхідно проаналізувати з метою виявлення негативного впливу на довкілля, встановлення ступеня використання сучасних методів захисту довкілля. І якщо розробка навіть у віддаленому майбутньому призведе до значної шкоди довкіллю вона повинна бути заборонена до впровадження.

6.2 Забруднення довкілля, що виникають в процесі виготовлення та експлуатації установки для дослідження запобіжних пружних муфт

У даній магістерській роботі розроблено установки для дослідження запобіжних пружних муфт. Даний пристрій призначена для використання в лабораторіях та виробничих приміщеннях для контролю та вимірювання. Оскільки дана установка призначена тільки для вимірювань, то можна вважати, що в процесі експлуатації вона не є шкідливою для навколишнього середовища.

Забруднення довкілля можуть виникати в результаті виготовлення даної установки, оскільки виконуються наступні операції:

- токарна;
- фрезерна;
- свердлильна;
- шліфувальна.

Основним джерелом забруднення атмосфери у цеху механічної обробки є металорізальні верстати. При обробці на них металів спостерігається виділення пилу, мастил та емульсії.

Забруднення, які виникають в процесі виконання певних операцій, при виготовлення необхідної установки можна поділити на наступні групи:

- забруднення твердими відходами;
- забруднення повітря;
- забруднення води.

Тверді відходи утворюються при виконанні наступних операцій: токарна операція (виконується на верстаті 1А616), фрезерна (верстат 6Н10), свердлильна (верстат 2Н18). В процесі виконання цих операцій основні забруднення, що виникають – металічна стружка.

Завдяки досить значним розмірам, вагою її можна контрольовано збирати у відповідні контейнери, і піддати подальшій переробці. Також до твердих відходів відноситься пи́л, що затримується у фільтрах, пиловловлювачах.

Забруднення повітря відбувається в процесі шліфування. В основному повітря забруднює пи́л (складається з дрібної металічної стружки і маленьких частинок абразивного матеріалу, яким проводиться обробка). Це забруднення є найшкідливішим в процесі виготовлення необхідної установки.

В процесі виготовлення установки виникає забруднення води в результаті зливу стічної води в ріки та озера. Вода використовується для охолодження деталей та інструменту. При обробці деталей на металоріжучих верстатах використовують різні технологічні розчини, які забруднюють стічні води підприємства. В результаті виготовлення установки стічні води підприємства забрудненні різними маслами, абразивним пилом (утворюється в процесі шліфування деталей), різними сумішами.

6.3 Заходи зі зменшення забруднення довкілля

Оскільки в процесі виготовлення необхідної установки основним видом забруднень на ділянці механічного цеху є пи́л, тому для очищення пило-газового середовища доцільно використовувати циклони, очисні фільтри. Через вентиляційні шляхи забруднене повітря потрапляє у циклони. В циклонах використовується центробіжна сила, що розвивається при поступальному русі газового потоку. Під дією центробіжної сили частини золи чи пилу підносяться до стінки циклону і разом з частиною газів подаються в бункер. Відділення частинок від потрапивших в бункер газів проходить під дією сил інерції при зміні напрямку руху газів на 180° .

Очищення води здійснюється наступними методами: проціджування, відстоювання, фільтрація. Проціджування здійснюється пропусканням води через різного роду сітки. Цей метод дає змогу видалити з води значні за розмірами відходи.

Відстоювання використовується для видалення з води нерозчинних сумішей. Цей процес проходить у спеціальних спорудах – відстійниках, базується на осіданні твердих частин у рідині. Остаточна стадія очистки води – фільтрування. Вона призначена для видалення з води мікрочастинок, завдяки пропусканню через різного роду фільтри.

Тверді відходи, завдяки значним розмірам і вагою, легко збираються у спеціальні контейнери. Доцільно провести сортування твердих відходів і використовувати їх як сировину в повторному виробництві.

Отже в процесі виготовлення установки необхідно дотримуватись вказаних вище заходів, з метою зменшення забруднення навколишнього середовища, хоча найкращий метод захисту навколишнього середовища від забруднень – це створення безвідходних технологій, а не покращення методів утилізації відходів.

ВИСНОВКИ

На основі проведеного статичного силового розрахунку запропонованих запобіжних механізмів ГГК виведено аналітичні залежності зміни передавального обертального моменту в залежності від провертання півмуфт і встановлено величини граничних моментів спрацювання ПЗМ. Встановлено, що зміна кута нахилу в елементах зачеплення півмуфт в межах з 60° до 30° призводить до збільшення моменту спрацювання в 1,8 рази. Встановлено, що використання конічних стержнів у якості елементів передачі обертального моменту збільшує граничний момент спрацювання ПЗМ, проте їх конструктивно доцільно використовувати у якості демпферів, а кульки – у якості елементів передачі обертального моменту. Встановлено, що введення в конструкцію ПЗМ демпферних елементів забезпечує суттєвий вплив на процес в'язкого тертя, а також вони впливають на з'єднання півмуфт і швидкодію їх розчеплення в процесі перевантаження. Встановлено, що використання в конструкції захисного механізму пружного механізму з пружно-компенсуючими властивостями забезпечує плавний пуск гнучкого гвинтового робочого органу шляхом скручування пружини скручування пружного механізму.

В результаті динамічних розрахунків установки із запобіжними елементами у вигляді муфт виведено аналітичні і побудовано графічні залежності впливу конструктивних характеристик запропонованих пристроїв на динамічні ударні навантаження. Встановлено, що ці характеристики сприяють зменшенню динамічних ударних навантажень на 9% - 12% і виявлено підвищення точності автоматичного відновлення з'єднання півмуфт при знятті перевантажень.

Результати досліджень впливу зазорів на силу контактної взаємодії в деталях установки показують, що такими конструктивними рішеннями, як зменшення величин пробігу півмуфти та зазорів у з'єднаннях, а також маси деталей, що піддаються ударним навантаженням, та їх пружному зв'язку із робочими органами гвинтового конвеєра, практично можна нівелювати вплив ударних навантажень на динаміку механічної системи привода в цілому.

Розроблено конструкції пружно-запобіжної муфти, а також експериментальне обладнання для проведення досліджень пружно-запобіжної муфти ГГК з використанням перетворювача частоти серії Altivar 71 та програмного забезпечення Power Suite v.2.5.0, що дозволило провести комплекс експериментальних досліджень.

Наведені результати експериментальних досліджень з визначення крутильної жорсткості пружини механізму плавного пуску пружно-запобіжної муфти установки, з яких видно, що крутильна жорсткість пружини механізму плавного пуску є значно нижчою, аніж крутильна жорсткість гнучкого гвинтового робочого органу, що дозволяє забезпечувати плавний запуск останнього досліджуваною муфтою при пуску привода.

На основі проведеного багатofакторного експерименту отримано регресійну залежність з визначення впливу частоти обертання n , кута нахилу елементів зачеплення муфти α та жорсткості пружини стиску C на величину передачі максимального обертального моменту муфтою. Факторне поле визначалось таким діапазоном зміни параметрів: $0 \text{ об/хв.} < n < 480 \text{ об/хв.};$ $50^\circ < \alpha < 60^\circ;$ $12,1 \text{ Н/мм} < n < 16,5 \text{ Н/мм}.$ Згідно проведеного аналізу регресійної залежності можна констатувати, що основними факторами, які впливають на збільшення величини передачі максимального обертального моменту ПЗМ, є кут нахилу елементів зачеплення муфти α та жорсткість пружини стиску C і комбінації цих факторів. Збільшення частоти обертання n призводить до незначного збільшення величини передачі максимального обертального моменту. Тому для збільшення величини передачі максимального обертального моменту ПМЗ необхідно збільшувати жорсткість пружини та частоту обертання муфти і зменшувати кут нахилу лунок.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1.Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. – К.: Вища шк., 1993.-556с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.1.-М.:Машиностроение, 1980.-728 с.
- 3.Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.2.- М.:Машиностроение, 1980.-559 с.
- 4.Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.3.- М.:Машиностроение, 1980.-557 с.
- 5.Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбачевич и др.-Минск:Вышэйшая школа, 1970.-286 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т.Т.1 / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова.-М.: Машиностроение, 1985.-656 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т.Т.2 / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова.-М.: Машиностроение, 1985.-494 с.
8. Дубиняк Т.С. Розрахунок параметрів пружно-запобіжної муфти гнучкого гвинтового конвеєра / Т.С. Дубиняк // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – Житомир, 2017. – № 2 (80). Том 2. – С. 43 – 48.
- 9.Теория и проектирование контрольных автоматов. Учебное пособие для вузов / Л.Н. Воронцов, С.Ф.Корндорф, В.А. Трутень, А.В. Федотов. -М.:Высшая школа,1980.-560 с.
10. Справочник конструктора точного приборостроения / Г.А. Веркович, К.Н. Явлинский. - Л.: Машиностроение. 1989. - 792 с.
- 11.Технический контроль в машиностроении: Справочник проектировщика / Под общ.ред. В.Н. Чупырина, А.Д. Никифорова. - М.:Машиностроение, 1987.-512 с.
12. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник / Под ред Г.П. Демиденко.- К.: Вища шк., 1987. - 256 с.

13. Закалик Л.І., Ткачук Р.А. Основи мікроелектроніки: Навчальний посібник. -Тернопіль: ТДТУ ім. І. Пулюя, 1998.- 352 с.
14. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища / Я.І. Бедрій, В.С. Джигирей, А.І. Кидисюк та ін.-Львів, 1999. -238 с.
15. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з організації, планування і управління приладобудівного виробництва та організаційно-економічної частини дипломних проектів конструкторського характеру. -Тернопіль, 1996.- 67 с.
16. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах.- Л.: Энергоатомиздат, 1988.-304 с.
17. Орликов М.Л., Кузнецов Ю.Н. Проектирование зажимных механизмов автоматизированных станков.- М.:Машиностроение, 1977.-142 с.
18. Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы.-М.: Металлургия, 1988.-352 с.

ДОДАТКИ