

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 КОНСТРУКТОРСКА ЧАСТИНА	7
1.1 Огляд вимірювальних перетворювачів тиску	7
1.1.1 Малогабаритні вимірювальні перетворювачі з компенсацією магнітних потоків	
1.1.2 Вимірювальні перетворювачі ІПД	
1.1.3 Диференціатори тиску ДТ	
1.1.4 Перетворювачі тиску з пневматичним вихідним сигналом	
1.2 Конструкція і принцип роботи перетворювача тиску	
1.2.1 Принцип роботи перетворювача	
1.2.2 Будова перетворювача	
1.3 Розрахунок деталей приладу	
1.3.1 Розрахунок деталей приладу на міцність	
1.3.2 Визначення розмірів пружини і її параметрів	
1.3.3 Розрахунок приладу на точність	
1.4 Маркування	
1.5 Вказівка щодо заходів безпеки	
2 ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МАТМОДЕЛЮВАННЯ	
2.1 Дослідження динаміки важеля при раптовій зміні тиску	
2.2 Знаходження частоти власних коливань системи	
2.3 Реакція системи на імпульсне навантаження	
2.4 Рух важеля під дією потоку повітря що витікає з сопла	

3 ЕЛЕКТРОНІКА, МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА САПР	
3.1 Розробка функціональної схеми	
3.2 Структурна схема та опис принципу роботи	
3.3 Розробка принципової схеми	
3.4 Бюджет живлення	
3.5 Процедура калібрування	
3.6. Алгоритм роботи електронного блоку	
4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	
4.1 Характеристика технічного рівня проєктованого стенду для перевірки надлишкового тиску	
4.2 Визначення трудомісткості обсягу робіт технологічної підготовки	
4.3 Розрахунок затрат на виготовлення нового стенду	
4.4 Визначення лімітної ціни нового стенду	
4.5 Визначення затрат на експлуатацію стенду	
4.6 Розрахунок економічного ефекту від виготовлення і експлуатації стенду	
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
5.1 Вимоги до виробничого освітлення та його нормування	
5.2 Розрахунок освітлення стенда для перевірки зразкових манометрів	
5.3 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок	
5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях	
5.5 Підвищення стійкості управління ЦО об'єкту	
5.6 Підвищення стійкості управління ЦО об'єкту	

6 ЕКОЛОГІЯ	
6.1 Опис умов виробництва	
6.2 Актуальність охорони навколишнього середовища	
6.3 Заходи по охороні навколишнього середовища	
6.4 Узагальнення заходів з охорони довкілля на виробництві	
ВИСНОВКИ	
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	

ВСТУП

Якість продукції, що випускається на машинобудівних підприємствах залежить від кількості і якості вимірювань з допомогою яких контролюються технологічні параметри виробничих процесів, так і параметри, характеристики і властивості одержуваних виробів.

В приладобудуванні до 15% трудових затрат приходиться на виконання вимірювань, які забезпечують якість, надійність і взаємозамінність виробів.

Автоматичний контроль розмірів та інших фізичних величин (зусиль, деформацій, ваги і т.д.) може здійснюватись до обробки, в процесі та після обробки виробу. Контрольні пристрої виконують функції: управляють роботою верстата (обладнання), стенда або установки, сортують готові деталі на груп (по розмірам, вазі і т.д.).

Автоматизація технічного контролю являється не тільки засобом підвищення якості випускаємої продукції, але і суттєвим етапом автоматизації промисловості, так як питома вага технічного контролю в сучасних виробництвах досить значна: в авто – та тракторобудуванні, в авіаційному моторобудуванні, у виробництві підшипників кочення та інших галузях масового виробництва машин біля 40% виробничих операцій приходиться на контроль.

Вдосконалення методів і засобів вимірювань проходить безперервно. Їх успішне освоєння і використання на виробництві вимагає знань основ технічних вимірювань, знайомства з будовою сучасних вимірювальних приладів і прийомами роботи на них. Одними із шляхів вирішення цієї проблеми є підготовка в технічних закладах всесторонньо розвинутих, технічно освічених молодих спеціалістів.

1 ДОСЛІДНИЦЬКО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

1.1 Огляд вимірювальних перетворювачів тиску

Перетворювачі є без шкальними приладами і призначені для отримання уніфікованого сигналу про тиск (швидкості зміни тиску) рідин, газів і пару. Перетворювачі рекомендується використовувати при позитивних температурах навколишнього середовища. При мінусових температурах навколишнього повітря необхідно виключити можливість замерзання конденсату в камері вимірювального блоку і в трубці, яка з'єднує прилад з місцем забирання тиску (для перетворювачів, які вимірюють тиск газоподібних засобів), а також замерзання, кристалізацію середовища або викристалізованню з неї окремих компонентів (для перетворювачів тиску рідин).

1.1.1 Малогабаритні вимірювальні перетворювачі з компенсацією магнітних потоків

Малогабаритні вимірювальні перетворювачі з компенсацією магнітних потоків МПЕ-МІ [1] (ст. 100) призначені для вимірювання навколишнього тиску (надлишкового тиску) неагресивних рідин або газоподібних засобів і його уніфікований електричний вихідний сигнал 0-5 , 0-20 або 4-20 мА постійного струму. Верхні межі вимірювання 0,1 ; 0,16 ; 0,25 ; 0,4 ; 0,6 ; 1 ; 1,6 ; 2,5 ; 4 ; 6 ; 10 ; 16 ; 25 ; 40 ; 60 МПа.

Принцип дії приладів (рис. 1.1) побудований на основі перетворення пересування пружного чутливого елемента під дією вимірюючого тиску в сигнал струму з допомогою малогабаритного магнітоподолюляційного перетворювача (ММП) з компенсацією магнітних струмів.

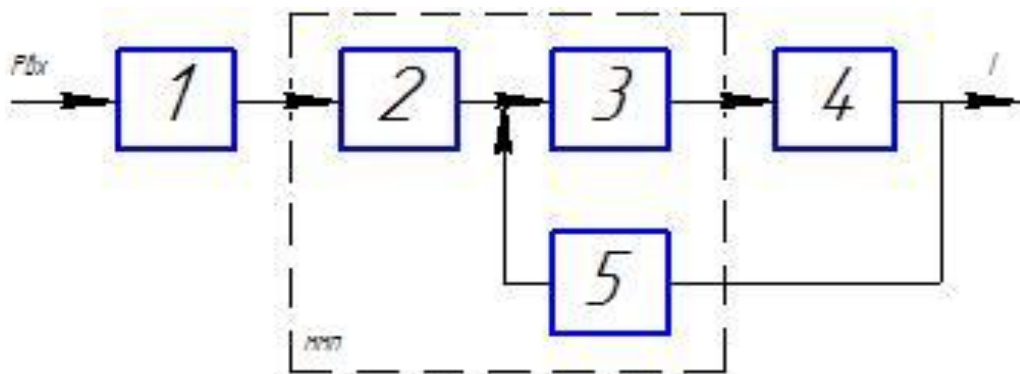


Рисунок 1.1 - Структурна схема вимірювального перетворювача МПЕ-МІ

Вимірювальний тиск перетворюється чутливим елементом - одновитковою трубковою пружиною – 1 в пересуванні постійного магніту 2, який завдяки наявності намотки збудження і живиться напругою змінного струму. Цей струм компенсується магнітним потоком зворотнього зв'язку, що виникає в елементі 5 при протіканні в його потоках вихідного сигналу постійного струму. Індикатор магнітних струмів 3 перетворює різницю керуючого магнітного потоку і потоку зворотнього зв'язку в електричний сигнал неузгодження у вигляді напруги, яка подається на підсилюючий пристрій 4, призначений для підсилення сигналу неузгодженості і отримання вихідного сигналу постійного струму. Підсилений сигнал попадає в лінію дистанційної передачі і одночасно в елемент зворотнього зв'язку 5.

1.1.2 Вимірювальні перетворювачі ІПД

Вимірювальні перетворювачі ІПД є зразковими засобами для повірки приладів тиску, їх можна використовувати для прецизійного вимірювання тиску і перепаду тиску в системах автоматичного контролю, регулювання і керування технологічними процесами. [1] стор. 101.

Вихідний сигнал перетворювачів – напруга постійного струму, яка змінюється пропорційно зміні вимірювального параметру в діапазоні 0-1 або

0-10 В. Вимірювальне середовище для перетворювачів з верхньою межею більше 2,5 МПа – газ або рідина.

Робота перетворювачів будується на сонові принципу силової компенсації. Чутливий елемент 12 (рис. 1.2) перетворює вимірюючий тиск в зусилля, яке передається на важіль 7, збалансований відносно стрічкової пружинної опори 8. Важіль жорстко зв'язаний плунжером 10 індикатора неузгодження 11 і з двома рухомими послідовно з'єднаними намотками 3, закріпленими на протилежних плечах важеля 7. Рухомі намотки розташовані в магнітному полі робочої щілини двох силових механізмів 4 і працює одна на втягування, інша на виштовхування.

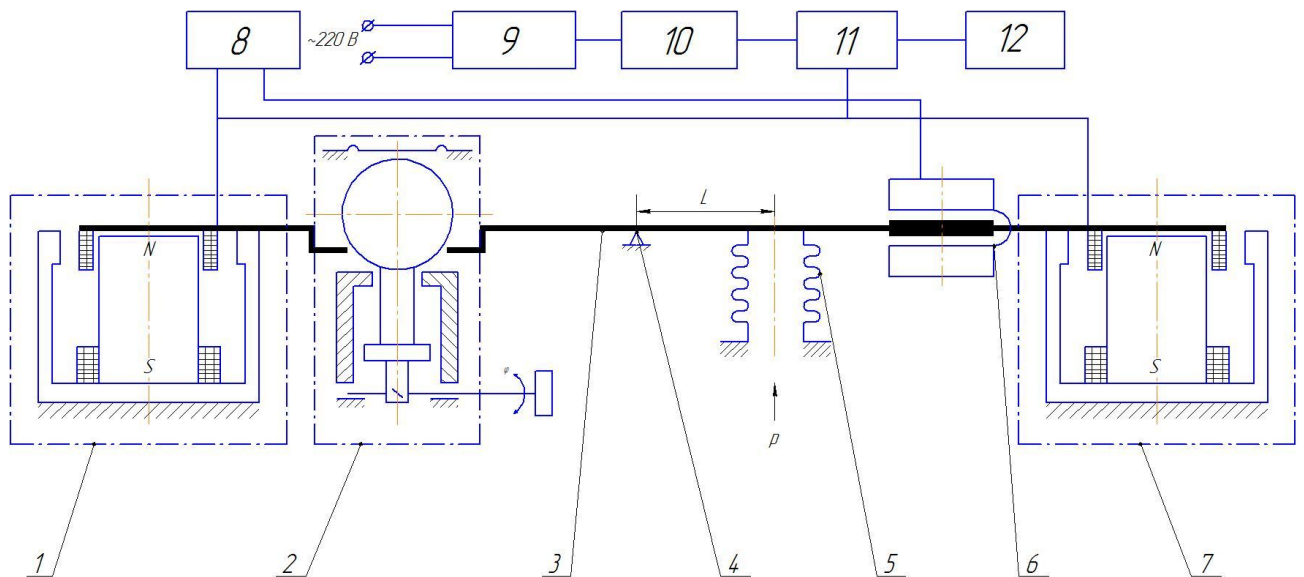


Рисунок 1.2 - Принципова схема перетворювача тиску ПД

Переміщення плунжера перетворюється індикатором розходження в керуючий сигнал змінного струму, входячий на вхід підсилювача 5. Вихідний сигнал підсилювача у вигляді постійного струму потрапляє в рухому намотку 3 і намотку корекції не лінійності 2 силових механізмів, а також на блок редукторів 9, з якого знімається вихідний сигнал перетворювача. В силовому механізмі взаємодіє поле постійного магніту 1 з магнітним полем, створене струмом, який протікає по намотках 2 і 3,

створює зусилля, пропорційне цьому струму і зусиллю, розвинутому чутливим елементом. Для періодичної корекції поля і діапазону зміни вихідного сигналу в перетворювачі є коректор поля, коректор діапазону і навантажувальний пристрій 6.

Накладання вантажу на важіль виконується поворотом перемикача в положення «Калібровка», в режимі виміру тиску перемикач знаходиться в положенні «Вимірювання» .

1.1.3 Диференціатори тиску ДТ

Диференціатори тиску ДТ призначені для безперервного перетворення по лінійному закону швидкості зміни тиску (падіння або наростання) вибухонебезпечних рідин і газів в уніфікований вихідний сигнал 0-5, 0-20 або 4-20 мА постійного струму. Принцип дії приладу будується на основі використання прямого п'єзоелектричного ефекту.

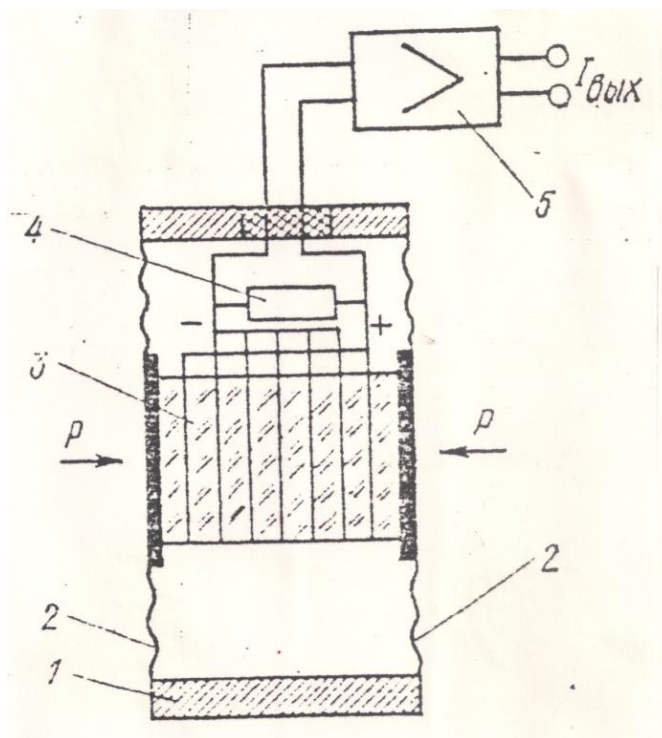


Рисунок 1.3 – Принципова схема диференціатора тиску типу ДТ [1]

Диференціатор суміщає функції електричного перетворювача тиску і диференціатора електричного сигналу (рис. 3.1).

В порожнині, обмеженій корпусом 1 і мембранами 2, розташований стовпчик 3, зібраний з п'єзокварцових елементів. Вимірюючий тиск перетворюється мембранами в сили, стискаючи п'єзоелементи. В результаті прямого п'єзоелектричного ефекту на межах п'єзоелементів з'являються позитивні і негативні заряди, які знімаються електродами і витікають через резистор 4. При постійній швидкості зміни тиску між притіканням і витіканням зарядів стає рівновага і через резистор 4 протікає постійний струм, величина якого зв'язана лінійно з швидкістю зміни тиску Напруга з опору 4 потрапляє на підсилювач 5 і перетворюється в уніфікований вихідний сигнал. Максимальний робочий тиск 18 МПа, границі вимірювання 0-0,1 і 0-0,25 МПа/с. Допустима основна похибка $\pm 10 \%$.

1.1.4 Перетворювачі тиску з пневматичним вихідним сигналом

Перетворювачі тиску з пневматичним вихідним сигналом призначені для вимірювання тиску тільки газоподібних середовищ ([1] стор. 104).

Принцип дії перетворювача будується на основі пневматичної силової компенсації (рис. 1.4). Вимірювальний тиск підводиться в камеру 1 вимірювального блоку, діє на мембрану 2 і сильфон 3, примушуючи повертатися на великий кут важіль 5 навколо опори, утвореної тягами і пружинною мембраною 4. При цьому пересувається заслонка 7 індикатора, під дією стиснутого повітря. Створений в лінії сопла сигнал підсилює пневмореле 9 і поступає в сильфон зворотнього зв'язку 10 і на вихід перетворювача. Пружина коректора поля 6 служить для компенсації зусилля, створеного сильфоном зворотнього зв'язку, а також для встановлення величини вихідного сигналу 0,02 МПа при відсутності вимірювального надлишкового тиску.

Значення межі вимірювання – 0,04; 0,06; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4 ; 6 (МПа).

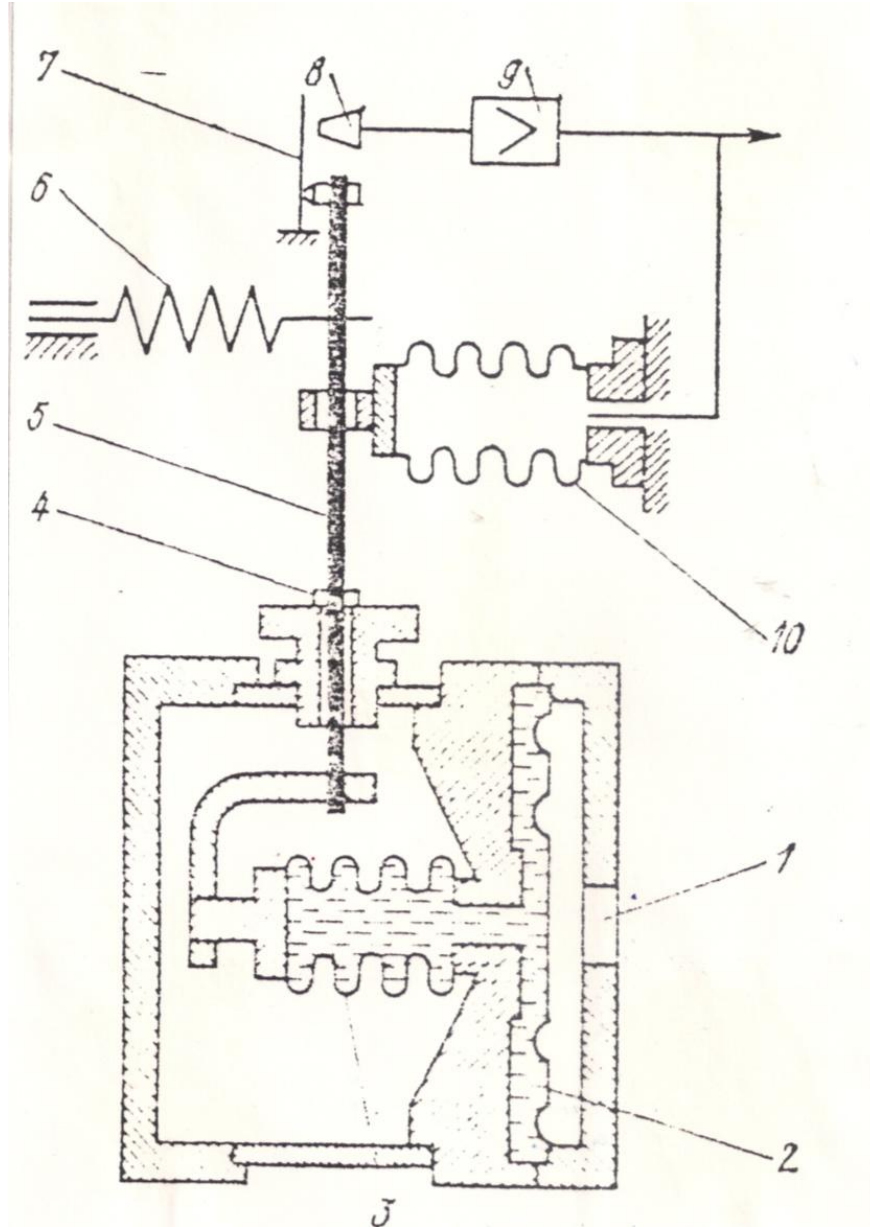


Рисунок 1.4 - Принципова схема вимірювального перетворювача тиску

1.2 Конструкція і принцип роботи перетворювача тиску

Призначення. Перетворювачі тиску вимірювальні електричні перетворювачі з вихідним сигналом у вигляді напруг постійного струму в комплекті з цифровим вольтметром призначені для використання в якості взірцевого засобу для перевірки приладів тиску. Перетворювач також можна використовувати для вимірювання надлишкового і вакууметричного тиску і перепадів тиску в системах автоматичного контролю, регулюванні і управлінні технологічними і стаціонарними процесами.

Перетворювачі призначені для роботи у вибухонебезпечних приміщеннях. Перетворювачі можуть бути використані для виміру тиску як в кПа (МПа), так і в км/м².

Перетворювачі не можуть бути підключені до електричних мереж житлових будинків.

1.2.1 Принцип роботи перетворювача

Принцип дії вимірювальних перетворювачів (Схема функціональна) оснований на електричній силовій компенсації. Перетворювач складається з чутливого елемента 5, ричала 3, двох механізмів зворотнього зв'язку 1 і 7, індикатора погоджування диференціально-трансформаторного тиску, пристрою для настройки діапазону вимірювання 2 і блока підсилювача 8.

У чутливий елемент перетворює цей тиск в зусилля, котре передається на ричав 3. Під дією зусилля ричала і зв'язаний з ним плунжер індикатора розгодження 6 використовують переміщення. Індикатор погодження перетворює переміщення в керуючий сигнал перемінного струму, що поступає на вихід блока підсилювача 8. Вихідний сигнал підсилювача у вигляді постійного струму надходить в обмотки катушок силових механізмів 1 і 7, одночасно на блок резисторів 11, з якого знімається вихідний сигнал перетворювача.

У силовому механізмі взаємодія поля постійного магніту з магнітним полем, що створюється струмом, протікаючим по обмотці рухомої котушки, утворює пропорційне цьому струму зусилля.

На відміну від перетворювачів моделі 89006 і 89008 деякі елементи перетворювачів 1-789005 і 89007 знаходяться в герметичній камері 13, що дозволяє використовувати перетворювач для виміру надлишкового і вакууметричного тиску, а також перепадів тиску.

1.2.2 Будова перетворювача

Основним несучим елементом конструкції (Складальне креслення) перетворювача являється плата, яка прикріплена на чотирьох стійках 23. До стійок 23 кріпиться дно. До плати кріпиться лицева і задня панелі. На лицьову панель винесені коректори нуля і діапазону 30 («грубо» , «точно»), перемикач роду робіт 31, перемикач межі вимірювань 34. До задньої панелі кріпиться штуцер 26 для підводу тиску, табличка 2 для маркування, запобіжник 25 і роз'єм 35 для підводу живлення.

Під платою розміщені: трансформатор 12, який служить для живлення блока підсилювача 14 і джерела живлення (ИПС 5-01) 20, призначене для коректування нульового значення вихідного сигналу перетворювача.

Плати 2 прикріплюються дві плати 3 і 18, між якими знаходяться вузли передаточного механізму, силового механізму зворотнього зв'язку і загрузочний пристрій. Чутливий елемент 5 нерухомо закріплений одним кінцем в пазу плати 2, а другим прикріплений до рухомої колодки 17, яка знаходиться на стрічкових опорах 28.

Перетворювач має один двохплечний збалансований відносно стрічкової опори ричав 13, механізм зворотнього зв'язку, до якого входять два постійних магніти 9 і 21 і дві рухомі обмотки 8, що послідовно з'єднані і знаходяться на різних плечах ричала 13 і працюють одна на втягування, а інша на виштовхування.

Два силових механізми зворотнього зв'язку і індикатор неузгодженості 7 кріпляться між платами 3 і 18. Рухомі обмотки 8 в механізмі зворотнього зв'язку кріпляться на ричазі 13, що знаходиться на колодці 17, котра в свою чергу, зв'язана з чутливим елементом 5. До рухомої колодки 17 жорстко кріпляться плунжер 15 індикатора неузгодженості. Індикатор неузгодженості диференціально-трансформаторного типу складається з двох котушок, кожна з яких має обмотку первинну і вторинну, карбонільний сердечник, в якому знаходяться котушки плунжера і пермалоевого екрану, захищаючого індикатор неузгодженості від зовнішніх магнітних полів.

Між сердечниками утворюється зазор, що забезпечує необхідну чутливість індикатора і вільну установку керуючого плунжера. Кінці обмоток котушок виводяться на з'єднувальну колодку 36.

Вузли магніта силових механізмів зворотнього зв'язку кріпляться між платами 3 і 18. До скоби приєднаний постійний магніт. Для корекції нелінійності вихідного сигналу на постійний магніт наклеюються обмотки, які включені послідовно в ланцюг рухомих котушок 8. Температурні виміри перетворювача компенсує компенсатор, виготовлений із сплаву N32X60. Зверху на скобу магніту прикручується плата. З боків магніт закривається планками для екранування магнітної системи.

Для періодичної настройки діапазону вимірювань в перетворювачі є електричні коректори нуля і діапазону, що виведені на передню плату перетворювача, і загрузочний прилад, що складається із еталонного груза-кулі 29 і сборки 4 для наложення грузу на ричаг. Коректори нуля і діапазону 30 мають нстойки «грубо» і «точно». Накладання вантажу на ричаг проводиться поворотом в положення «калібровка» перемикача роду робіт 31 і зв'язаного з ним кулачкового механізму. При роботі перетворювача перемикача 31 знаходиться в положенні «вимірювання», при цьому еталонний груз-куля 29 знаходиться в піднятому положенні.

Кожен перетворювач моделі 89008 має декілька ступенів виміру. Перехід з одного ступеня на інший відбувається завдяки перемикачу 34, що винесений на лицеву панель перетворювача.

Перетворювач моделі 89006-однограничний, перемикач границь виміру 34 у них відсутній. Для захисту перетворювачів від перегрузок передаточний механізм має дві опори, які можна регулювати. Вони кріпляться на платах і служать для екранування магнітної системи перетворювача. Перетворювач закривається корпусом 1. В корпусі є рівень 24, котрий прикріплений до однієї із плат. По рівні виставляється положення перетворювача з плоскості регулювання стійок 23.

1.3 Розрахунок деталей приладу

1.3.1 Розрахунок деталей приладу на міцність

Проведемо розрахунок важеля на міцність і визначимо найбільший прогин.

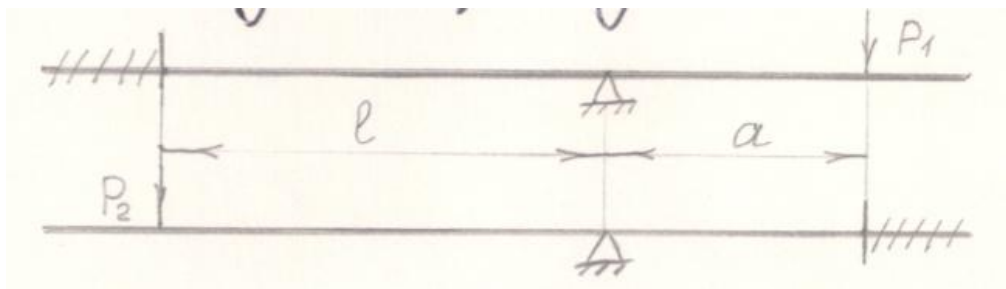


Рисунок 1.5 – Розрахункова схема важеля

$$V_1 = \frac{p_1 a^2}{12EI_x} (3l + 4a) - \text{тоді, коли важель зацмлений зліва.}$$

$$V_2 = \frac{p_2 l^2}{12EI_x} (3a + 4l) - \text{важель зацмлений справа,}$$

де $l=145$ мм, $a=80$ мм - згідно креслення рис.1.5.

Сила, яка діє на важіль залежить в основному від власної маси, тоді

$$P_1 = V_1 \cdot q = b \cdot h \cdot a \cdot q ,$$

де $b = 104$ мм – ширина розігнутого листа важеля,

$h = 1,2$ мм – половина листа

$$P_1 = 1,04 \cdot 0,012 \cdot 0,8 \cdot 9,8 = 0,098 \text{ кг}$$

$$P_1 = b \cdot h \cdot l \cdot q ; \quad P_2 = 1,04 \cdot 0,012 \cdot 1,45 \cdot 9,8 = 0,176 \text{ кг}$$

$E = 2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$ - модуль пружності для вуглецевої сталі.

I_x – вісьовий момент інерції, взятий по середньому січені, тобто при $h = 1$ см
рис. 1.6.

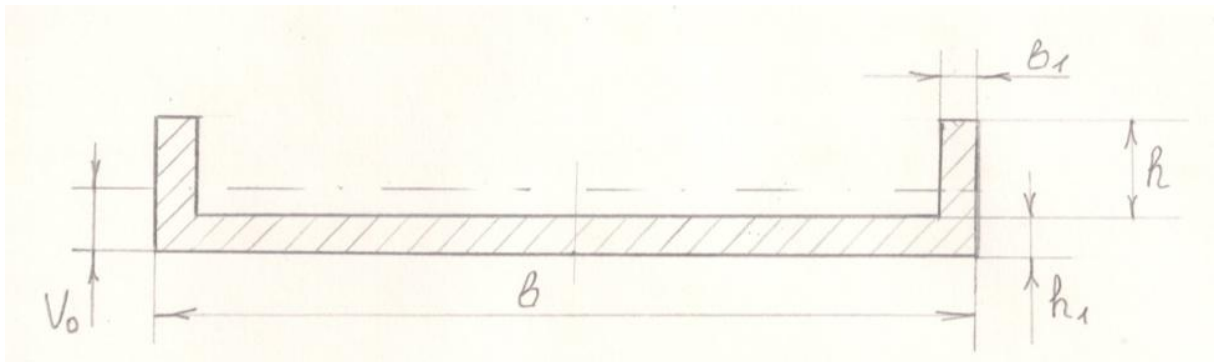


Рисунок 1.6 – Січення важеля

$$b_1 = h_1 = 0,12 \text{ см} , \quad b = 6,8 \text{ см}$$

$$V_0 = \frac{bh_1^2 + 2b_1h(2h_1 + h)}{2(b \cdot h_1 + 2b_1 \cdot h)}$$

$$V_0 = \frac{6,8 \cdot 0,12^2 + 2 \cdot 0,12 \cdot 1(2 \cdot 0,12 + 1)}{2(6,8 \cdot 0,12 + 2 \cdot 0,12 \cdot 1,0)} = 0,018 \text{ см}$$

Вісьовий момент визначається за формулою :

$$I_x = \frac{b \cdot h_1^3 + 2b_1 \cdot h^3}{12} + bh_1(V_0 + \frac{h_1}{2})^2 + 2b_1h(\frac{h}{2} + h_1 - V_0)^2$$

$$I_x = \frac{6,8 \cdot 0,12^3 + 2 \cdot 0,12 \cdot 1^3}{12} + 6,8 \cdot 0,12(0,018 + \frac{0,12}{2})^2 + 2 \cdot 0,12 \cdot 1,0(\frac{1,0}{2} + 0,12 - 0,018)^2 = 0,112 \text{ см}^4$$

Підставляючи чисельні значення отримаємо :

$$V_1 = \frac{0,098 \cdot 8^2}{12 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0,112} (3 \cdot 14,5 + 4 \cdot 8) = 0,00014 \text{ см} = 0,0014 \text{ мм}$$

$$V_2 = \frac{0,176 \cdot 14,5^2}{12 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0,112} (3 \cdot 8 + 4 \cdot 14,5) = 0,0012 \text{ см} = 0,012 \text{ мм}$$

Так як в технічних умовах щілина має 0,2...0,5 (мм), то жорсткість важеля достатня.

1.3.2 Визначення розмірів пружини і її параметрів

Визначення розмірів пружини і її параметрів. [3] Стор. 104-106.

Пружина в навантажувальному пристрої призначена для постійного натиску його валу на кулачок перемикача роду робіт. Дана пружина є пружина тиску.

Для розрахунку пружини потрібно задатися постійними наступними даними :

$P_1 = 0,5 \text{ кг}$ - сила пружина при попередній деформації ;

$P_2 = 2\text{кг}$ - сила пружина при робочій деформації .

$h = 6\text{ мм}$ – робочий хід ;

$D = 13 - 16\text{ мм}$ – зовнішній діаметр пружини - призначаємо з конструктивних міркувань.

$V_0 = 1 \frac{M}{c^2}$ – найбільша швидкість переміщення рухомого кінця пружини при навантаженні або розвантаженні.

$N=1 \cdot 10^5$ – витривалість – число циклів при руйнуванні.

Розрахунок. Користуючись табл. 11 [3] стор. 114-115, переконуємося, що при заданій витривалості пружину необхідно віднести до 1-го класу. За формулою, користуючись інтервалом значень від 0,05 до 0,25 знаходимо межові значення сили :

$$P_3 = \frac{P_2}{1 - 0.05} \div \frac{P_2}{1 - 0.25} = \frac{2}{1 - 0.05} \div \frac{2}{1 - 0.25} = 2.1 \dots 2.6 \text{ кг}$$

В інтервалі від 2,1...2,6 кг в табл. 11 є наступні сили P_3 : 2,12; 2,24 ; 2,5. Виходячи із заданого діаметру і прагнення забезпечити найбільшу критичну швидкість залишається на витку з наступними даними (номер пружини 219) :

$$P_3 = 2,12 \text{ кг} ; d = 1,0 \text{ мм} ; D = 13 \text{ мм} ; z_1 = 0,579 ; f_3 = 3,661 \text{ мм.}$$

Де d – діаметр дроту ;

z – жорсткість одного витка ;

f – найбільший прогин одного витка.

Враховуючи, що для пружини 1-го класу норма напруження 0,3, знаходимо, що для знайденого діаметру дроту розрахунок напруження є :

$$\tau_3 = 0,3 \cdot 210 = 63$$

Належність до 1-го класу перевіряємо шляхом визначення відношення V_0 до $V_{кр}$, для цього попередньо знаходимо критичну швидкість за формулою :

$$V_{кр} = \frac{\tau_3 \left(1 - \frac{p_2}{p_3}\right)}{3,58} = \frac{63 \left(1 - \frac{2}{2,12}\right)}{3,58} = 1,1 \frac{м}{с}$$

$$\frac{V_0}{V_{кр}} = \frac{1}{1,1} = 0,99 < 1$$

Отримана величина свідчить про відсутність співудару витків, відповідно вибрана пружина задовольняє задані умови.

Визначаємо решту розмірів по табл. 10 (стор. 104...106)

Жорсткість пружини :

$$z = \frac{p_2 - p_1}{n} = \frac{2 - 0,5}{6} = 0,25 \frac{кг}{мм}$$

Число робочих витків пружини :

$$n = \frac{z_1}{z} = \frac{0,579}{0,25} = 2$$

Розраховуємо деформації та висоти пружини :

$$F_1 = \frac{p_1}{z} = \frac{0,5}{0,25} = 2 \text{ мм}$$

$$F_2 = \frac{p_2}{z} = \frac{2}{0,25} = 8 \text{ мм}$$

$$F_3 = \frac{p_3}{z} = \frac{2,12}{0,25} = 8,5 \text{ мм}$$

$$H_0 = (n + 1)d = (2 + 1) \cdot 1 = 3 \text{ мм}$$

$$H_1 = H_0 + F_1 = 3 + 2 = 5 \text{ мм}$$

$$H_2 = H_0 + F_2 = 3 + 8 = 11 \text{ мм}$$

$$H_3 = H_0 + F_3 = 3 + 8,5 = 11,5 \text{ мм}$$

1.3.3 Розрахунок приладу на точність

Вираз для визначення індуктивності котушки має вигляд :

$$L = \frac{4\pi\omega^2}{\frac{\delta_0}{\mu_0 S_0} + \frac{\delta_1}{\mu_1 S_1}}$$

$$\Delta\delta = \delta_{max} - \delta_{min}.$$

Похибка L – визначається як різниця між ідеальною $L_i = \delta_i$ та дійсною $L = \delta$ функціями.

З метою отримання більшої чутливості приладу підключено в вимірювальну систему дві котушки.

$\frac{\Delta\delta}{\Delta\delta_0} \approx 0,15 \dots 2$ – для диференціальних датчиків при нелінійності характеристики в 1 %.

Для визначення похибки приладу необхідно проводити шляхом математичної обробки результатів проведених експериментів. Отримані результати $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$;

$$G = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

середнє арифметичне значення отриманих результатів

$$\bar{x} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_n}{N},$$

де N – число наладок.

Похибку можна зменшити їх налагоджуванням на спеціальних метрологічних стендах.

Ємність плоского конденсатора визначається за формулою:

$$C = 0,088 \frac{\varepsilon S}{d}$$

Абсолютна зміна ємності:

$$\Delta C = 0,088 \frac{\varepsilon S}{d} \cdot \frac{\Delta d}{d \pm \Delta d}$$

Відносна зміна ємності

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta d}{d \pm \Delta d}, \quad \Delta d = \pm 0,05d$$

Ємнісний опір:

$$x_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{d}{\omega \varepsilon S}$$

Для визначення похибок необхідно скористатися методом математичної обробки.

Сума похибок індуктивного пристрою і ємнісного становить загальну похибку приладу за методичним визначенням тобто різниці між ідеальним і реальним механізмом.

1.4 Маркування

На табличці пристрою перетворювача нанесені :

- a) Умовні позначення і модель перетворювача ;
- b) Границя допустимої основної похибки ;
- c) Нижні і верхні границі значення вихідного сигналу з вказаними одиницями напруги ;
- d) Нижні і верхні границі виміру з вказаними одиницями тиску ;
- e) Напруга і частота струму живлення ;
- f) Номер перетворювача ;
- g) Рік випуску ;
- h) Товарний знак підприємства, що виготовило ;
- i) Знак Госреєстру і Державний Знак якості по ГОСТ 1.9-67.

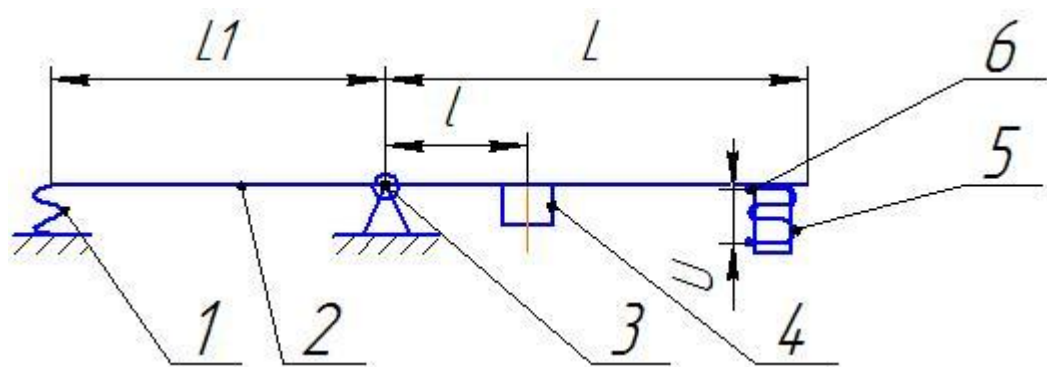
1.5 Вказівка щодо заходів безпеки

Монтаж перетворювачів повинен відповідати «Правилам технічної експлуатації електроустановок споживачів» і «Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів», затвердженими Держенергонадзором Міністерства енергетики і електрифікації.

2 ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МАТМОДЕЛЮВАННЯ

2.1 Дослідження динаміки важеля при раптовій зміні тиску

Для переходу від реальної системи до математичної моделі необхідно ввести систему припущень, які виключали б фактори, що незначно впливають на систему (рис. 2.1).



- 1 – пружина, 2 – важіль, 3 – шарнірне закріплення, 4 – робоче сопло, 5 – електромагніт, 6 – сердечник

Рисунок 2.1 – Схема роботи важеля

Необхідно також задати граничні умови.

Вважаємо, що:

- пружина 1 – працює в області пружних деформацій і повністю відповідає закону Гука [4];
- тертя в шарнірному кріпленні 3 відсутнє, або настільки незначне, що враховувати його вплив недоцільно ;
- важіль 2 в процесі роботи не деформується, має постійну густину;
- вважаємо, що $L=2l$;

- зміна тиску відбувається моментально, так що перехідний процес можна не враховувати ;
- площа контакту потоку повітря з робочого сопла U і поверхні важеля 1 постійно рівні ϑ .

$$\vartheta = \frac{1}{4}\pi d^2 ,$$

d – діаметр робочого сопла.

При зміні тиску на величину Δp ми отримаємо :

- на важіль діє сила :

$$F = \Delta p \cdot \vartheta = \frac{\pi d^2 \cdot \Delta p}{4} ,$$

Вважаємо, що під час дії величина сили постійна.

Маса важеля :

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot (L + L_1) \cdot B \cdot h ,$$

B – ширина важеля

h – товщина важеля.

Вважаємо також , що :

- опір котушки електромагніта залишається постійним в процесі роботи установки, тобто зміна опору від нагрівання котушки не враховується.

2. 2 Знаходження частоти власних коливань системи

Для знаходження частоти власних коливань системи необхідно записати другий закон Н'ютона . Розпишемо всі сили , що діють на важіль.
Динамічна схема показана на (рис. 2.2) [4].

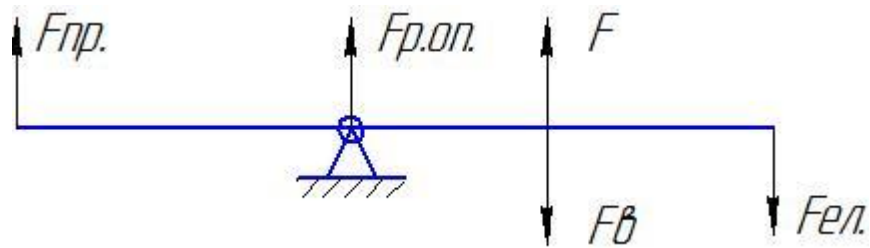


Рисунок 2.2 – Динамічна схема

$F_{ел.}$ – сила з якою електромагніт витягує стержень

F – робоча сила

$F_{р.оп.}$ – сила реакції опору

$F_{пр.}$ – сила, з якою пружина протидіє переміщенню.

$$F_{ел} = B \cdot V \cdot \cos\alpha,$$

$\alpha = 0$ – з рис. 1

$$B = U \cdot d_n ,$$

де U – напруга живлення електродвигуна

$$U = I \cdot R ,$$

де I – струм , що тече в котушці

R – опір котушки ($R = \text{const}$)

d – діаметр витка котушки

n – кількість витків

V – швидкість руху сердечника

Таким чином :

$$F_{\text{ел}} = R \cdot I \cdot V \cdot d \cdot n ,$$

Сила пружина :

$$F_{\text{пр}} = k \cdot \Delta X_{L1} ,$$

Сила реакції опори знайдено з рівності моментів, що діють на важіль, відносно точки дії робочої сили.

$$l \cdot F_{\text{р.оп}} = F_{\text{пр}}(L_1 + l) + F_{\text{ел}} \cdot L ,$$

$$F_{\text{р.оп}} = F_{\text{пр}} \left(1 + \frac{L_1}{l} \right) + F_{\text{ел}} \cdot \frac{L}{l} ,$$

$$F_{\text{р.оп}} = k \Delta X_{L1} \left(1 + \frac{L_1}{l} \right) + R \cdot I \cdot V \cdot d_n ,$$

Відмітимо, що V – швидкість сердечника рівна :

$$V = \frac{dX_{L1}}{dt} , \text{ в свою чергу :}$$

$$\frac{X_L}{L} = \frac{X_{L1}}{L_1} \Rightarrow X_L = X_{L1} \frac{L}{L_1}$$

Таким чином :

$$V = \frac{L}{L_1} \cdot \frac{dX_L}{dt}$$

Сила тяжіння прикладена до середини правої сторони, тобто в точці прикладання робочого навантаження, тому в рівнянні моментів складова від ваги відсутня:

$$F_B = m_1 g - m_2 g = g(m_1 - m_2)$$

m_1 - маса лівої частини важеля

$$m_1 = \rho \cdot L \cdot B \cdot h$$

m_2 – маса правої частини важеля

$$m_2 = \rho \cdot L_1 \cdot B \cdot h$$

$$F_B = \rho \cdot B \cdot h(L - L_1)$$

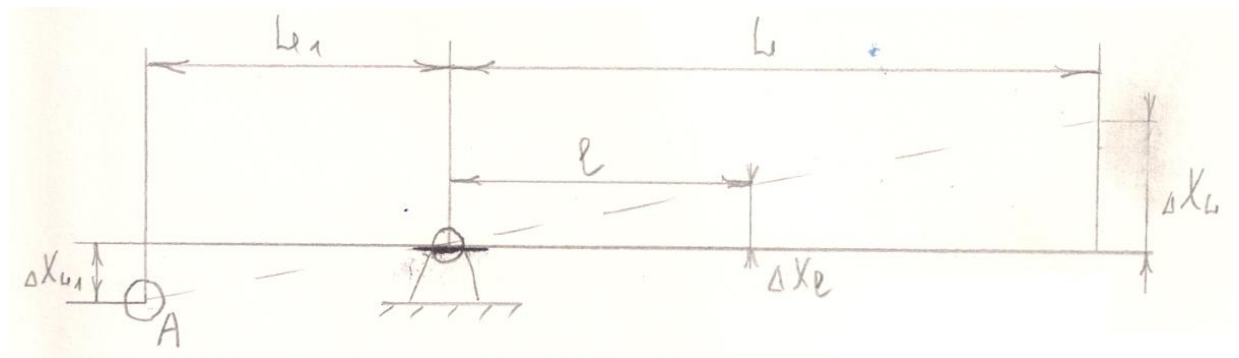


Рисунок 2.3 - Схема переміщень

Всі подальші геометричні викладки будемо проводити для лівого кінця важеля. Таким чином другий закон Н'ютона має вигляд, без дії зовнішньої сили [4]:

$$F_B + F_{ел} - F_{р.оп} - F_{пр} = ma$$

$$p \cdot B \cdot h(L - L_1) + R \cdot I \frac{dX_1}{dt} \cdot d_n - kX_1 \left(1 - \frac{L_1}{l}\right) + R \cdot I \frac{dV}{dx} \cdot \frac{L}{l} = na$$

$$\beta \cdot B \cdot h(L - L_1) + \frac{RI}{2} \cdot dn \frac{dx}{dt} - \left[kx_1 \left(1 - \frac{L_1}{l}\right) \right] = m \frac{dx}{dt}$$

Рівняння має вигляд :

$$\beta \cdot B \cdot h(L + L_1) \frac{d^2 x_1}{dt^2} - \frac{R \cdot I \cdot d_n}{2} \cdot \frac{dx_1}{dt} - x_1 \left(k - \frac{R \cdot L_1}{l} \right) = p \cdot B \cdot h(L_1 - L)$$

Отримуємо :

$$x_1 - \frac{R \cdot I \cdot d_n}{2 \cdot p \cdot B \cdot h(L + L_1)} x_1 + \frac{h(l - L_1)}{p \cdot B \cdot h \cdot l(L + L_1)} x = \frac{L_1 - L}{L + L_1}$$

Позначимо :

$$A = \frac{R \cdot I \cdot d_n}{2 \cdot p \cdot B \cdot h(L + L_1)} \quad B = \frac{k(l - L_1)}{p \cdot B \cdot h(L + L_1)}$$

$$C = \frac{L_1 - L}{L + L_1}$$

Рівняння має вигляд :

$x - Ax + Bx = C$ – класичне лінійне неоднорідне рівняння динамічне.

Вважаємо, що $A^2 > 4B$:

$$x - Ax + Bx = 0$$

$$y^2 - Ay + B = 0, y_{\frac{1}{2}} = \frac{A \pm \sqrt{A^2 - 4B}}{2}, y_1 = \frac{A + \sqrt{A^2 - 4B}}{2},$$

$$y_2 = \frac{A - \sqrt{A^2 - 4B}}{2}$$

$$x = C_1 \cdot l^{y_1 t} + C_2^{y_2 t}$$

З початкових умов :

$$t = 0 \quad x = 0$$

$$t = 0 \quad x = \frac{F\Delta t}{(m_1 - m_2)},$$

Δt - перехід дії сили

Звідси :

$$\begin{cases} x(0) = C_1 + C_2 = 0 \\ x'(0) = y_1 \cdot C_1 + y_2 \cdot C_2 = F\Delta t / (m_1 - m_2) \end{cases}$$

$$C_1 = -C_2$$

$$L_2(y_2 - y_1) = \frac{F\Delta t}{m_1 - m_2}$$

$$C_2 = \frac{F\Delta t}{(y_2 - y_1)(m_1 - m_2)}$$

$$C_1 = \frac{F\Delta t}{(y_1 - y_2)(m_1 - m_2)}$$

Знаходимо :

$$x = \frac{F\Delta t}{(y_1 - y_2)(m_1 - m_2)} \cdot (l^{y_1 t} - l^{y_2 t})$$

Очевидно, що дане рішення відображає систему з в'язким опором чи з високим ступенем демпферування, тому в даному випадку :

$$F = F_g$$

$$x = \frac{F_g \Delta t}{(y_1 - y_2)(m_1 - m_2)} \cdot (ly_1 t - ly_2 t)$$

Розглянемо систему з виключеним магнітом, та отримаємо :

$$F_b = F_{np} - \text{умова рівноваги}$$

Тобто класичну задачу коливань пружинного маятника

$$p_g = \sqrt{\frac{k}{m}} - \text{частота власних коливань}$$

$$p_q = \sqrt{\frac{k}{\rho \beta h (L - L_1)}} - \text{частота вільних коливань}$$

2.3 Реакція системи на імпульсне навантаження

Приймаємо :

$$qt_1 = mV_1$$

Отримаємо можливість проаналізувати рух системи під дією раптової зміни тиску :

$$p_q = \sqrt{\frac{k}{\rho \beta h (L - L_1)}}$$

У вільний момент часу t можна підрахувати приріст імпульсу qdt , відображене заштрихованим прямокутником. Цей імпульс повідомляє одиниці маси миттєве збільшення швидкості (чи приріст швидкості).

Розглядаючи цей приріст швидкості, як початкову швидкість в моменті t' і використовуючи рівняння переміщення вільних коливань з в'язким демпфіруванням :

$$x = e^{-nt} \left(x_0 \cos p_g t + \frac{x_0 + n x_0}{p_g} \sin p_g t \right),$$

отримаємо , що приріст переміщення системи в будь-який момент часу t буде мати вигляд :

$$d_x = e^{-n(t-t_1)} \left[\frac{q dt'}{p_g} \sin p_g (t-t') \right]$$

Оскільки, такий самий ефект викликається деяким приростом імпульса $q dt'$ на інтервалі від $t'=0$ до $t'=t$, то в результаті безперервної дії іншої сили g отримаємо вираз для певного переміщення :

$$x = \frac{e^{-nt}}{p_g} \int_0^t e^{nt'} q \sin p_g (t-t') dt'$$

Інтегралом Дюрамеля відображається повне переміщення при дії протидійної сили g на інтервалі часу від 0 до t [5]. Воно включає в себе як встановлені, так і невстановлені форми і особливо зручне при дослідженні поведінки системи при коливаннях, коли діє сила вільного виду. Якщо функція $q=f(t')$ не виражається аналітично, даний інтеграл можна вирахувати приблизно за допомогою відповідного методу графічного чи обчислювального інтегрування. Для того, щоб врахувати вплив початкового зміщення x_0 і початкової швидкості \dot{x}_0 при $t=0$, необхідно до даного рівняння додати рівняння про переміщення вільних коливань з в'язким демпфіруванням, враховуючи початкові дані умови.

У тому випадку, коли враховується вплив початкового зміщення x_0 і початкової швидкості \dot{x}_0 при $t=0$ без врахування демпфірування є таким :

$$x = x_0 \cos pt + \frac{\dot{x}_0}{p} \sin pt + \frac{1}{p} \int_0^t q \sin p(t-t') dt'$$

Відмітимо, що використання інтеграла Дюрамеля для визначення переміщення системи в часі при дії узагальненої періодичної сили представляє собою метод, який відрізняється від методу, де динамічні завантаження були представлені у вигляді рядів Фур'є [5].

У даному випадку необхідно розглянути декілька випадків збуджуючих сил. Гармонічна силова функція $Q = p \sin \omega t$, виходячи з другого закону Н'ютона для грузу з пружиною :

$$\frac{W}{g} \ddot{x} = W - (W + kx) + p \sin \omega t$$

$$x + p^2 x = q \sin \omega t \text{ - без демпферування}$$

Маємо неоднорідне лінійне рівняння другого порядку типу $\ddot{x} =$

$$C_3 \sin \omega t, \text{ де } c = \frac{q}{p^2} - \omega^2.$$

Додаючи сюди загальне розв'язання однорідного рівняння, отримуємо загальне розв'язання неоднорідного рівняння :

$$x = C_1 \cos pt + C_2 \sin pt + \frac{q \sin \omega t}{p^2 - \omega^2}$$

Розглянемо більш детально початковий період цього руху, тобто декілька перших циклів, в яких присутні вільні коливання (невстановлений стан). Початкові умови : $t=0$, $x=x_0$ знаходимо $x_0 = C_1$.

Отримаємо :

$$x = x_0 \cos pt + \frac{x_0}{p} \sin pt + \frac{q}{p^2 - \omega^2} \left(\sin \omega t - \frac{\omega}{p} \sin pt \right)$$

Даний вираз описує рух в часі системи дій протидіючої сили $p \sin \omega t$ і складається з двох частин. Перша відноситься до встановленого руху.

Якщо відкинути другу частину, вважаючи вільні коливання несуттєвими, то отримаємо так звані встановлені вимушені коливання :

$$x = \frac{p}{R} \sin \omega t \cdot \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{p^2}}$$

Множник $P/R \sin \omega t$ – представляє собою переміщення обумовлене дією збуджуючої сили $p \sin \omega t$, коли вона спричинена статично, множник $1/(1-\omega/p)$ враховує динамічний характер сили :

$$p = \left| \frac{1}{1 - \omega^2/p^2} \right| - \text{коефіцієнт підсилення}$$

Умова резонансу $\omega=p$. Амплітуда в ідеальних умовах прагне до нескінченості, реальні умови розглянемо далі.

Для оцінки співвідношення впливу вимушених і вільних коливань, звернемось до такого прийому : $Q = p \cos \omega t$

Тоді :

$$C_1 = x_0 = \frac{q}{p^2 - \omega^2}, C_2 = \frac{x_0}{p}$$

$$x = x_0 \cos pt + \frac{x_0}{p} \sin pt + \frac{q}{p^2 - \omega^2} (\cos \omega t - \cos pt)$$

Особливий інтерес представляє випадок, коли p і ω близькі, випадок резонансу.

$$x = \frac{q}{p^2 - \omega^2} \left(\sin \omega t - \frac{\omega}{p} \sin pt \right)$$

$$x = \frac{\frac{q}{p}}{p^2 - \omega^2} (p \sin \omega t - \omega \sin pt)$$

$$x = \frac{q/p}{p^2 - \omega^2} \left[\frac{1}{2} (p + \omega) (\sin \omega t - \sin pt) + \frac{p - \omega}{2} \cdot (\sin \omega t + \sin pt) \right] \text{ або}$$

$$x = \frac{q/p}{p^2 - \omega^2} \left[(p + \omega) \cos \frac{(\omega + p)t}{2} \sin \frac{(\omega - p)t}{2} + (p - \omega) \cdot \sin \frac{(\omega + p)t}{2} \cos \frac{(\omega - p)t}{2} \right]$$

$$x = -\frac{q}{2p} \left[\frac{\sin \varepsilon t}{\varepsilon} \cos(p - \varepsilon) t - \frac{\cos \varepsilon t}{p - \varepsilon} \sin(p - \varepsilon) t \right]$$

Розглянемо кінець цього виразу, знайдемо :

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} x = \frac{q}{2p^2} (pt \cos pt - \sin pt)$$

Вводячи фазовий кут, можна записати :

$$x = \frac{q}{p^2} A \cos(pt - \alpha) \quad A = \frac{1}{2} \sqrt{(pt)^2 + 1} \quad \alpha = \arctg\left(-\frac{1}{pt}\right)$$

Як бачимо перший складник через короткий час стає хорошою апроксимацією повного динамічного поведіння системи.

Вище ми розглянули ідеальний випадок при відсутності демпферування, в реальних умовах сили тертя присутні завжди. Тому розглянемо вимушені коливання з в'язким демпферуванням.

Серед всіх причин розсіювання енергії випадок в якому демпферуєча сила пропорційна швидкості (так звана в`язка демпфірування) є найпростішими з точки зору математичного дослідження. Тому сили відштовхування, які мають більш складну природу, часто замінюються при дослідженні еквівалентним в`язким демпферуванням. Його визначають з умови, щоб за один цикл при цьому розсіювалося стільки енергії, скільки й при дії реальних сил протидії.

Із другого закону Ньютона [5]:

$$\frac{W}{g} \ddot{x} = \omega - (W + kx) - cx$$

c – коефіцієнт в`язкого демпфірування, або стала демпфірування $\left[\frac{\text{Н}}{\text{м/с}} \right]$

$$p^2 = \frac{kg}{w}$$

$$2n = \frac{cg}{w}$$

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + p^2x = 0$$

Із теорії даних рівнянь загальне розв`язання при $n < p$:

$$x = e^{-nt} (c_1 \cos pgt + c_2 \sin pgt),$$

де $Pg = \sqrt{p^2 - n^2}$ – кругова частота затухаючих коливань при демпферуванні у відповідний період

$$\tau_g = \frac{2\pi}{Pg} = \frac{2\pi}{P} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{n^2}{p^2}\right)}}$$

$\tau_g = \frac{2\pi}{p}$ - період вільних коливань $\tau_g > \tau$.

Відмітимо $\frac{P_g}{p} = \sqrt{1 - \frac{n^2}{p^2}}$

Знаходимо c_1 і c_2 із початкових умов

$$c_1 = x_0; c_2 = (\dot{x}_0 + nx_0) \div P_g,$$

Таким чином:

$$x = e^{-nt} \left(x_0 \cos P_g t + \frac{\dot{x}_0 + nx_0}{P_g} \sin P_g t \right)$$

В еквівалентній формі:

$$x = Ae^{-nt} \cos(P_g t - \alpha_g)$$

$A = \sqrt{x_0^2 + (x_0 - nx_0)^2 \div P_g^2}$ - максимальне значення A .

$$\alpha_g = \arctg \left(\frac{x_0 + nx_0}{P_g x_0} \right)$$

Це випадок недостатнього демпфірування. n – показник затухання за одиницю часу.

$\delta = n\tau_g = \frac{2\pi n}{P_g} \approx \frac{2\pi n}{P} = \ln \frac{x_{mi}}{x_{m(i+1)}}$ - логарифмічний декремент затухання.

Розглянемо рівняння:

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + p^2x = 0$$

У випадку $n > p$

$$n = \frac{l}{2m}, \quad p = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad \frac{c^2}{4} > km \Rightarrow c > 2\sqrt{km}$$

Тоді корені рівняння $\pi^2 + 2n\pi + p^2 = 0$, $\pi_{1/2} = \frac{-2 \pm \sqrt{4n^2 - 4p^2}}{2}$ - дійсні і негативні.

Тоді $x = c_1 e^{n_1 t} + c_2 e^{n_2 t}$ - розв'язання не є періодичним і не описує коливального руху.

В'язка протидія така велика, що коли тіло зміщується із рівноваги, воно не здійснює коливальних рухів, а поступово рухається назад. Система перед демферована, а її рух аперіодичний.

Випадок $n=p$, ступінь демпфірування такий, що рух системи вперше починає втрачати свій коливальний характер.

$$c_{\text{пр}} = 2n \frac{W}{g} = 2p \frac{W}{g} = 2 \sqrt{\frac{kW}{g}} - \text{критичний коефіцієнт в'язкого}$$

демпфірування, коли $n=p$, тоді

$$\lambda^2 + 2n\lambda + n^2 = 0$$

$$\lambda_{1/2} = \frac{-2n \pm \sqrt{4n^2 - 4n^2}}{2}, \quad \lambda_{1/2} = -n$$

$$x = e^{-pt} [x_0 + (\dot{x}_0 + nx_0)t]$$

У випадку вимушених коливань з демпфіруванням для гармонічної збуджуючої сили:

$$m\ddot{x} = -kx - c\dot{x} + Q \cos \omega t$$

$$p^2 = \frac{k}{m}, \quad 2n = \frac{c}{m}, \quad q = \frac{Q}{m}$$

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + p^2x = q \cos \omega t$$

Частота розв'язання

$$x = M \cos \omega t + N \sin \omega t$$

$$M = \frac{q(p^2 - \omega^2)}{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2}$$

$$N = \frac{q \cdot 2n\omega}{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2}$$

Загальне розв'язання для випадку до критичного демпфірування ($n < p$) знайдене реальне, таким чином загальне розв'язання має вигляд:

$$x = e^{-nt}(c_1 \cos P_g t + c_2 \sin P_g t) + M \cos \omega t + N \sin \omega t$$

Перші два сумарних описують демпфровані вільні коливання, два останні – демпфровані вимушені коливання.

Враховуючи, що вільні коливання затухають, залишаються тільки вимушені, враховуючи також незначні вільні коливання, маємо для встановленої поведінки системи:

$$x = A \cos(\omega t - \theta)$$

$$A = \sqrt{M^2 + N^2} = \frac{q}{\sqrt{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2}} = \frac{q/p^2}{\sqrt{(1 - \omega^2/p^2)^2 + 4n^2\omega^2/p^2}}$$

$$\theta = \arctg \frac{2n\omega/p^2}{1 - \omega^2/p^2}$$

Приймаємо $\gamma = \frac{n}{p}$ - коефіцієнт демпфірування,

$$x = \frac{Q}{k} \beta \cos(\omega t - \theta), \quad \text{де } \beta = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{p^2}\right)^2 + \left(\frac{2\gamma\omega}{p}\right)^2}},$$

де β - коефіцієнт підсилення.

Як бачимо при $\omega \ll p$ або $\omega \gg p$ демпферування не впливає суттєво на β , таким чином в двох випадках вимушених коливань допускається повністю знехтувати впливом демпфірування і використати рішення для вимушених коливань без демпфірування.

Коли ж ω буде близько до p , то β стає чутливим до зміни γ .

З розв'язку робимо висновок:

Без зміни струму в котушці система швидко повернеться в стан спокою, при умові відсутності нових сачків тиску.

2.4 Рух важеля під дією потоку повітря що витікає з сопла

Виберемо тип сопла.

Соплом називається коротка труба, що приєднується до отвору в тонкій стінці, сопла діляться на три основні типи:

- циліндричні – це циліндричні патрубки, що мають довжину 3-4 діаметри, поділяються на зовнішні і внутрішні;
- конічні – це конічні патрубки, що мають довжину 3-4 діаметри, поділяються на розхідні і східні;
- конічні розхідні сопла в області стислого (тиску) січення створюється вакуум, як і в циліндричних, однак більшої величини, при цьому величина вакууму зростає із збільшенням кута конусності. При великих значеннях кутів конусності можливий відрив потоку від стінок і, відповідно, зрив вакууму. Дослідним шляхом встановлено, що оптимальним є кут конусності $5-7^\circ$. Даний тип сопел в силу наявності розширення потоку відрізняється від всіх інших типів сопел значною втратою напору. Розхідні сопла мають малі

швидкості виходу, як наслідок збільшення площі поперечного січення потоку. Отже, такі сопла мають: значний вакуум, велика пропускна властивість, малі швидкості виходу.

- Конічні східні сопла мають форму конуса, що сходиться в напрямку до вихідного січення. Основне призначення конічних східних сопел – збільшення швидкості виходу повітря, тобто створювати потік, що виходить з такого сопла, відрізняється компактністю і здатністю на великій відстані зберігати свою форму не розпадаючись на окремі вихрі. Даний тип сопел широко використовується в реактивному авіабудуванні. Коефіцієнт розходу залежить від кута конусності і досягає максимального значення при куті $13^{\circ} 24'$, тому, що в даному випадку площа стиснутого січення буде рива площі вихідного січення. При подальшому збільшенні кута конусності відбувається затрата енергії на стиск потоку при виході з сопла: в зв'язку зчим часткове зменшення коефіцієнту розходу. Якщо швидкість в стиснутому січенні буде рівною швидкості виходу, то в східному соплі вакуум не створюється. Такі типи сопел не збільшують пропускну здатність отвору, хоча коефіцієнт опору в них досить малий;

- Коноїдальні – удосконалений тип східних сопел. Виконані по формі потоку рідини, що витікає з отвору. Така форма усуває стиск потоку і зводить до мінімуму втрати тиску.

В запропоновані установці використане зовнішнє циліндричне сопло, як оптимальне для вибраного тиску і робочого газу (повітря). Для даного типу сопла детальне рішення рівняння Бернуллі приведене в [4. Ст.134-139]

Отримані такі залежності:

- швидкість вихідного потоку

$$v = \varphi \cdot \sqrt{3,5g \cdot P_0},$$

- Де ϑ - швидкість в м/с; φ - коефіцієнт швидкості, м · с/кг; $g = 9.81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ - прискорення вільного падіння; $P_0 = 4 \cdot 10^5 \text{МПа}$ - робочий тиск в заводській системі стиснутого повітря;
- розхід повітря, що проходить через сопло

$$Q = 1.33 \cdot \mu \cdot \omega_B \cdot \sqrt{3.5 \cdot g \cdot P_0},$$

Де μ - коефіцієнт швидкості м · с/ $\sqrt{\text{кг}}$;

$\omega_B = \pi d^2 / 4$ – площа поперечного виходу сопла, м²;

d – діаметр сопла, м.

таким чином зі сторони потоку повітря на важіль діє сумарна сила, що змінюється в часі за законом:

$$F = \rho \cdot Q \cdot V + P_0 \cdot \omega_B,$$

Де $\rho = 9,87 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – густина повітря при нормальних умовах, зміну густини від зміни тиску в температури ми не враховуємо.

$$F = \rho \cdot 1,33\mu\omega_B\sqrt{3,5gP_0} + P_0\omega_B$$

$F = \frac{\pi d^2}{4} (1,33\rho\mu\sqrt{3,5gP_0} + P_0)$ - сила з якою безперервний потік повітря діє на важіль.

З врахуванням циклічної вимушуючої сили зі сторони котушки індуктивності

$m\ddot{x} = -kx - c\dot{x} + F + Q_1 \cdot \cos \omega t$ - диф. рівняння руху важеля

$$\rho^2 = \frac{k}{m}, \quad 2n = \frac{c}{m}, \quad q = \frac{Q_1}{m}$$

m – маса важеля.

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + p^2x = \frac{F}{m} + q \cdot \cos \omega t$$

Часткове рішення:

$$x = M \cos \omega t + N \sin \omega t + K$$

$$M = \frac{q(p^2 - \omega^2)}{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2}$$

$$N = \frac{q \cdot 2n\omega}{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2}$$

$$K = \frac{F \cdot m}{k^2}$$

Таким чином кінцеві формули часткового рішення будуть:

- Переміщення сердечника котушки:

$$x_{\text{ч}} = \frac{q(p^2 - \omega^2)}{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2} \cdot \cos \omega t - \frac{q(2n\omega)}{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2} \cdot \sin \omega t + \frac{Fm}{k^2}$$

- Швидкість руху сердечника:

$$V_{\text{ч}} = -\frac{q\omega(p^2 - \omega^2)}{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2} \sin \omega t - \frac{q\omega(2n\omega)}{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2} \cdot \cos \omega t$$

- Прискорення руху сердечника:

$$V_{\text{ч}} = -\frac{q\omega(p^2 - \omega^2)}{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2} \cos \omega t - \frac{q\omega^3 2n}{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2} \cdot \sin \omega t$$

Загальне рішення (відображення переміщення сердечника):

$$x = e^{-nt}(c_1 \cos P_g t + c_2 \sin P_g t)$$

$$P_g = \sqrt{\frac{k}{m}} - \text{частота власних коливань.}$$

Початкові умови:

$$t = 0, \quad x = A, \quad \dot{x} = 0$$

$$\dot{x} = -ne^{-nt}(c_1 \cos P_g t + c_2 \sin P_g t) + e^{-nt}(-c_1 P_g \sin P_g t + c_2 P_g \cos P_g t),$$

що відображає закон переміщення важеля від часу без врахування впливу температурної похибки.

$$C_1 = A, \quad C_2 = 0$$

Отже :

$$x = e^{-nt} \cdot A \cos P_g t$$

$$x_3 = e^{-\frac{c}{2m}t} \cdot A \cdot \cos \sqrt{\frac{k}{m}} t - \text{переміщення диференціюю чого рівняння}$$

по часу, отримаємо значення зміни швидкості і прискорення

$$V_3 = -\frac{cA}{2m} e^{-\frac{c}{2m}t} \cdot \cos \sqrt{\frac{k}{m}} t \cdot e^{-\frac{c}{2m}t} \cdot A \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \sin \sqrt{\frac{k}{m}} t - \text{швидкість}$$

$$a_3 = \frac{c^2}{4m^2} A e^{-\frac{c}{2m}t} \cos \sqrt{\frac{k}{m}} t + \frac{c}{m} A \sqrt{\frac{k}{m}} e^{-\frac{c}{2m}t} \cdot \sin \sqrt{\frac{k}{m}} t + e^{-\frac{c}{2m}t} \cdot A \cdot \frac{k}{m} \times$$

$\times \cos kmt$ – прискорення.

c – коефіцієнт в'язкого демпфірування або стала демпфірування

$$\left[\frac{\text{Н}}{\frac{\text{М}}{\text{с}}} \right];$$

m – маса важеля;

n – показник затухання за одиницю часу;

Q – розхід повітря, що проходить через сопло.

Програма розрахунку

```

Program shunkaruk
Uses graph, crt
Mode , k, m,I,m1 :integer:
var k4,t,k5 :real:
begin
  clrscr;
  Driver:=Detected;
  InitGraph(Driver,Mode,'d:/turbo/tp6/bgi');
  Graphdefaults;
  Line (35,460,35,35);
  Line (35,35,477,35);
  i:=35;
  repeat
    t:=i*1000000000;
    k4:=12.5*cos(0.75*t)+73;
    m:=round(k4);
    k5:=0.0125/(0.75-0.745)*(sin(0.75*t)-
0.745/0.75*sin(0.745*t));
    putpixel (I,m+25,15);

    i:=i+1;
  until i>=460;
repeat until keypassed;
  CloseGraph;
end.

```

```
Program shunkaruk
Uses graph, crt
var Driver, Mode , k, m,i,x :integer:
k4,t,v,s,h :real:
begin
  clrscr;
  Driver:=Detected;
  InitGraph(Driver,Mode,'d:/turbo/tp6/bgi');
  Graphdefaults;
  Line (35,460,35,35);
  Line (35,35,477,35);
  i:=4;
  v:=2;
  repeat
    s:=i/100;
    k4:=0.01*200*sqr(sqr(i*i*i))*sqr(sqr(v*v*v))*1.1;
    m:=round(k4);
    putpixel (i,m,15);
    i:=i+1;
  until i>=460;
repeat until keypassed;
  CloseGraph;
  end.
```

$$\rho := 9.87 \quad P_0 := 4 \cdot 10^5 \quad \varphi := 0.00082 \quad m := 0.1 \quad k := 2.5 \quad c := 0.025 \quad Q_1 := 0.001 \quad A := 0.001$$

$$g := 9.81 \quad \mu := 0.00082 \quad d := 0.001 \quad t := 0,01 \dots 40$$

$$wb(d) := \frac{(\pi \cdot d^2)}{4} \quad p := \sqrt{\frac{k}{m}} \quad n := \frac{c}{2 \cdot m} \quad q := \frac{Q_1}{m} \quad w := 3$$

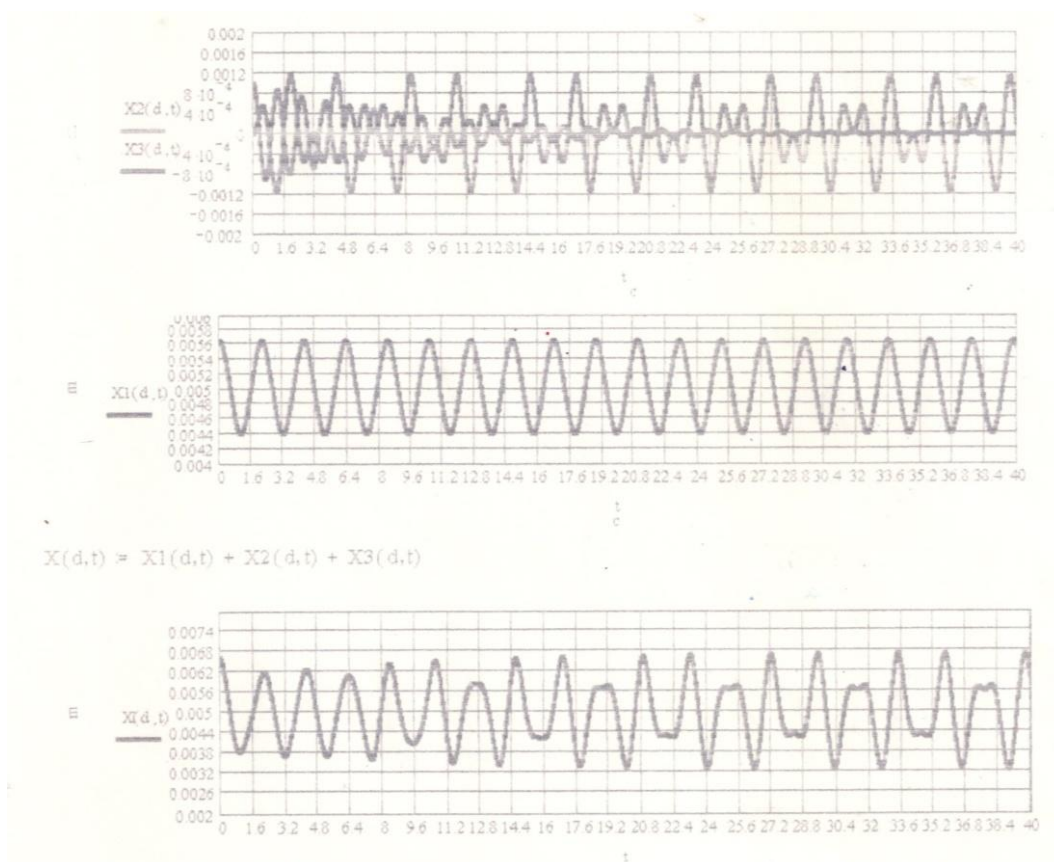
$$Q(d) := 1.33 \cdot \mu \cdot wb(d) \cdot \sqrt{3.5 \cdot g \cdot P_0} \quad v := \varphi \cdot \sqrt{3.5 \cdot g \cdot P_0}$$

$$F(d) := \rho \cdot (1.33 \cdot \mu \cdot wb(d) \cdot \sqrt{3.5 \cdot g \cdot P_0}) \cdot v + P_0 \cdot wb(d)$$

$$M := \frac{[q \cdot (p^2 + w^2)]}{(p^2 - w^2)^2 + 4 \cdot n^2 \cdot w^2} \quad N := \frac{[q \cdot (2 \cdot n \cdot w)]}{(p^2 - w^2)^2 + 4 \cdot n^2 \cdot w^2} \quad K(d) := \frac{(F(d) \cdot m)}{k^2}$$

$$X_1(d, t) := M \cdot \cos(w \cdot t) + N \sin(w \cdot t) + K(d) \quad X_2(d, t) := A \cos(p \cdot t) \cdot e^{-nt}$$

$$X_3(d, t) := \left[\frac{q}{(p^2 - w^2)} \right] \cdot (\cos(w \cdot t)) - \cos(p \cdot t)$$



x_1 – вимушена складова, x_2 – гальмівна складова, x_3 – резонансна складова, x – сума всіх складових.

Рисунок 2.4 – Графіки залежності переміщення сердечника катушки від часу

$$\rho := 9.87 \quad P_0 := 4 \cdot 10^5 \quad \varphi := 0.00082 \quad m := 0.1 \quad k := 2.55 \quad c := 0.025 \quad Q_1 := 0.0005 \quad A := 0.002$$

$$g := 9.81 \quad \mu := 0.00082 \quad d := 0.001 \quad t := 0,01 \dots 40$$

$$wb(d) := \frac{(\pi \cdot d^2)}{4} \quad p := \sqrt{\frac{k}{m}} \quad n := \frac{c}{2 \cdot m} \quad q := \frac{Q_1}{m} \quad w := 3,8$$

$$Q(d) := 1.33 \cdot \mu \cdot wb(d) \cdot \sqrt{3.5 \cdot g \cdot P_0} \quad v := \varphi \cdot \sqrt{3.5 \cdot g \cdot P_0}$$

$$F(d) := \rho \cdot (1.33 \cdot \mu \cdot wb(d) \cdot \sqrt{3.5 \cdot g \cdot P_0}) \cdot v + P_0 \cdot wb(d)$$

$$M := \frac{[q \cdot (p^2 + w^2)]}{(p^2 - w^2)^2 + 4 \cdot n^2 \cdot w^2} \quad N := \frac{[q \cdot (2 \cdot n \cdot w)]}{(p^2 - w^2)^2 + 4 \cdot n^2 \cdot w^2} \quad K(d) := \frac{(F(d) \cdot m)}{k^2}$$

$$X1(d, t) := M \cdot \cos(w \cdot t) + N \sin(w \cdot t) + K(d) \quad X2(d, t) := A \cos(p \cdot t) \cdot e^{-nt}$$

$$X3(d, t) := \left[\frac{q}{(p^2 - w^2)} \right] \cdot (\cos(w \cdot t)) - \cos(p \cdot t)$$

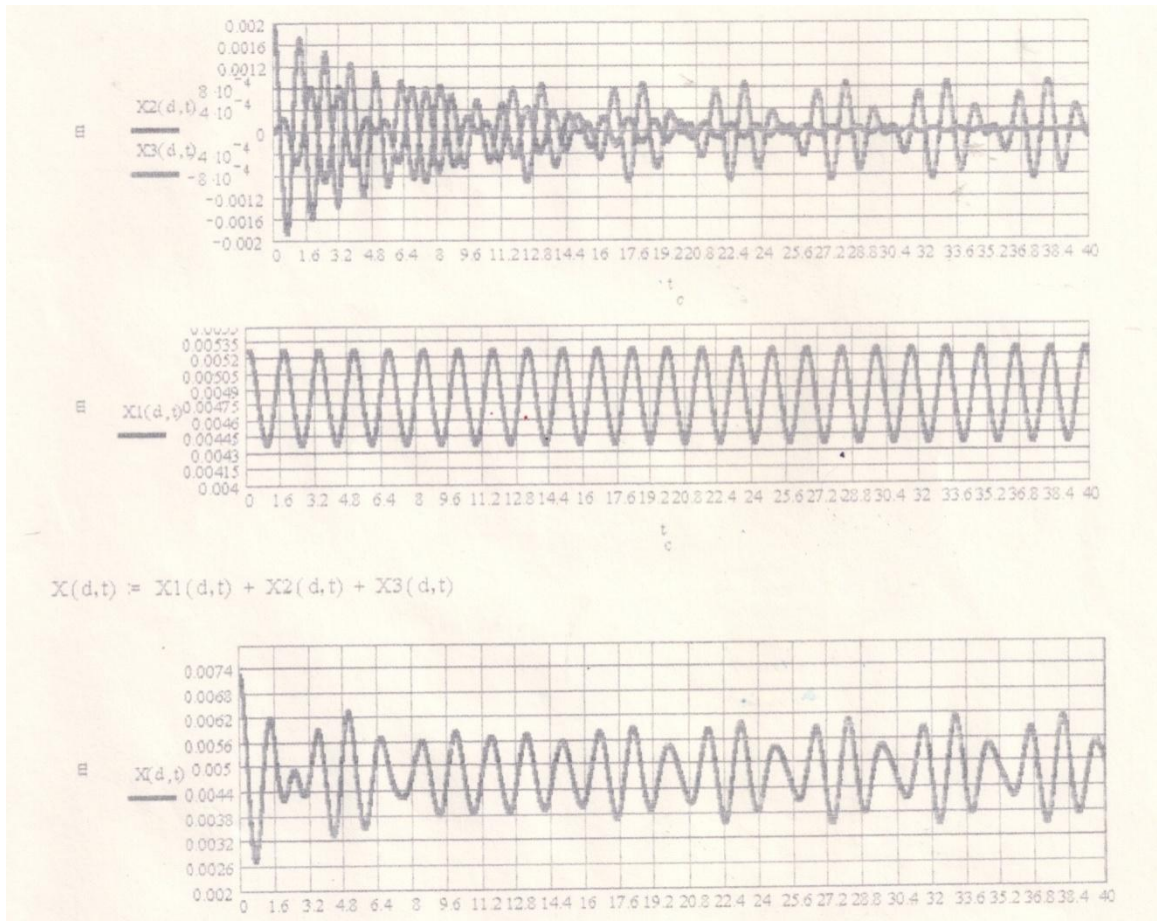


Рисунок 2.5 – Графік залежності переміщення сердечника катушки від часу при зміні коефіцієнта жорсткості пружини

$$\rho := 9.87 \quad P_0 := 4 \cdot 10^5 \quad \varphi := 0.00082 \quad m := 0.1 \quad k := 2.5 \quad c := 0.01 \quad Q_1 := 0.001 \quad A := 0.001$$

$$g := 9.81 \quad \mu := 0.00082 \quad d := 0.001 \quad t := 0,01 \dots 40$$

$$wb(d) := \frac{(\pi \cdot d^2)}{4} \quad p := \sqrt{\frac{k}{m}} \quad n := \frac{c}{2 \cdot m} \quad q := \frac{Q_1}{m} \quad w := 3$$

$$Q(d) := 1.33 \cdot \mu \cdot wb(d) \cdot \sqrt{3.5 \cdot g \cdot P_0} \quad v := \varphi \cdot \sqrt{3.5 \cdot g \cdot P_0}$$

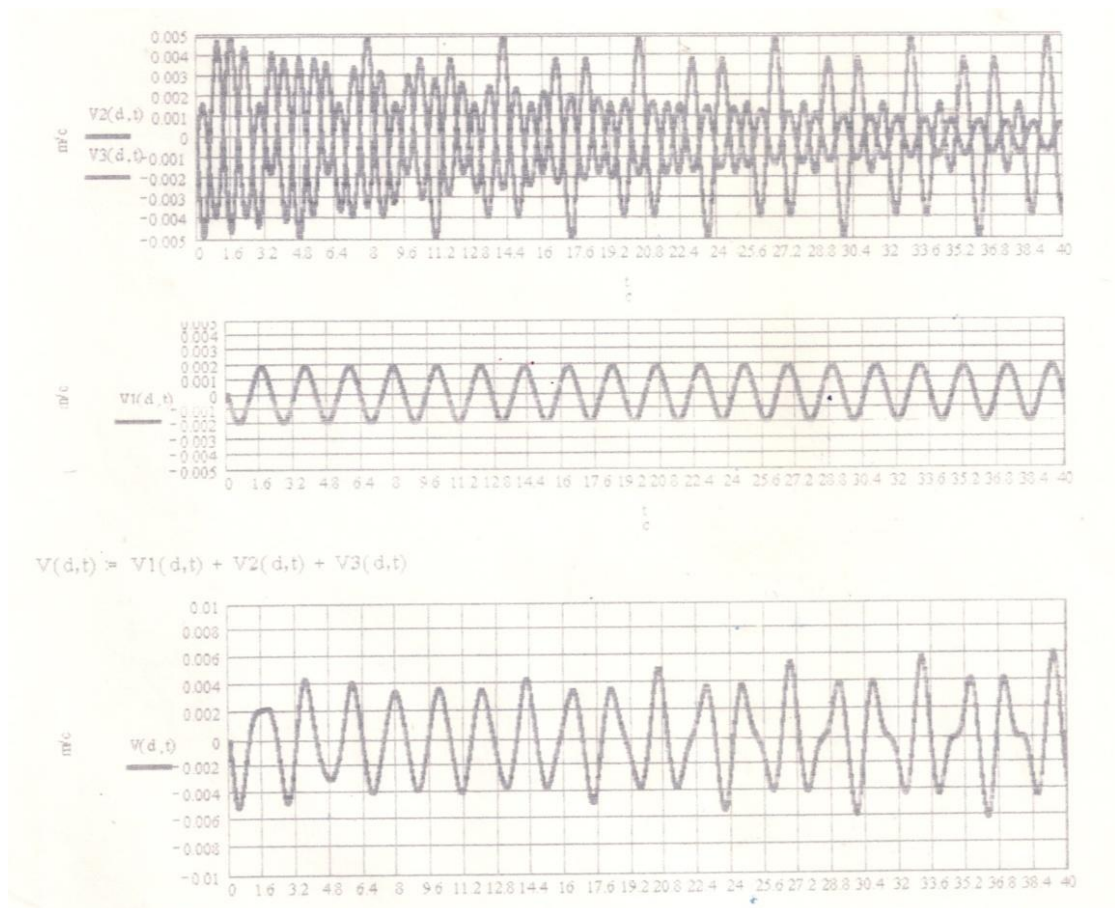
$$F(d) := \rho \cdot (1.33 \cdot \mu \cdot wb(d) \cdot \sqrt{3.5 \cdot g \cdot P_0}) \cdot v + P_0 \cdot wb(d)$$

$$M := \frac{[q \cdot (p^2 + w^2)]}{(p^2 - w^2)^2 + 4 \cdot n^2 \cdot w^2} \quad N := \frac{[q \cdot (2 \cdot n \cdot w)]}{(p^2 - w^2)^2 + 4 \cdot n^2 \cdot w^2} \quad K(d) := \frac{(F(d) \cdot m)}{k^2}$$

$$V1(d, t) := M \cdot \cos(w \cdot t) + N \sin(w \cdot t) + K(d)$$

$$V3(d, t) := \left[\frac{q}{(p^2 - w^2)} \right] \cdot (\cos(w \cdot t)) - \cos(p \cdot t)$$

$$V2(d, t) := -n \cdot A \cdot \cos(p \cdot t) \cdot e^{-nt} - p \cdot A \cdot (\sin(p \cdot t) \cdot e^{-nt})$$



v_1 – вимушена складова, v_2 – гальмівна складова, v_3 – резонансна складова, v – сума всіх складових.

Рисунок 2.6 – Швидкість переміщення сердечника котушки від часу

$$\rho := 9.87 \quad P \cdot 0 = 4 \cdot 10^5 \quad \varphi := 0.00082 \quad m := 0.1 \quad k := 2.5 \quad c := 0.01 \quad Q1 := 0.001 \quad A := 0.001$$

$$g := 9.81 \quad \mu := 0.00082 \quad d := 0.001 \quad t := 0,01 \dots 40$$

$$wb(d) := \frac{(\pi \cdot d^2)}{4} \quad p := \sqrt{\frac{k}{m}} \quad n := \frac{c}{2 \cdot m} \quad q := \frac{Q1}{m} \quad w := 3$$

$$Q(d) := 1.33 \cdot \mu \cdot wb(d) \cdot \sqrt{3.5 \cdot g \cdot P0} \quad v := \varphi \cdot \sqrt{3.5 \cdot g \cdot P0}$$

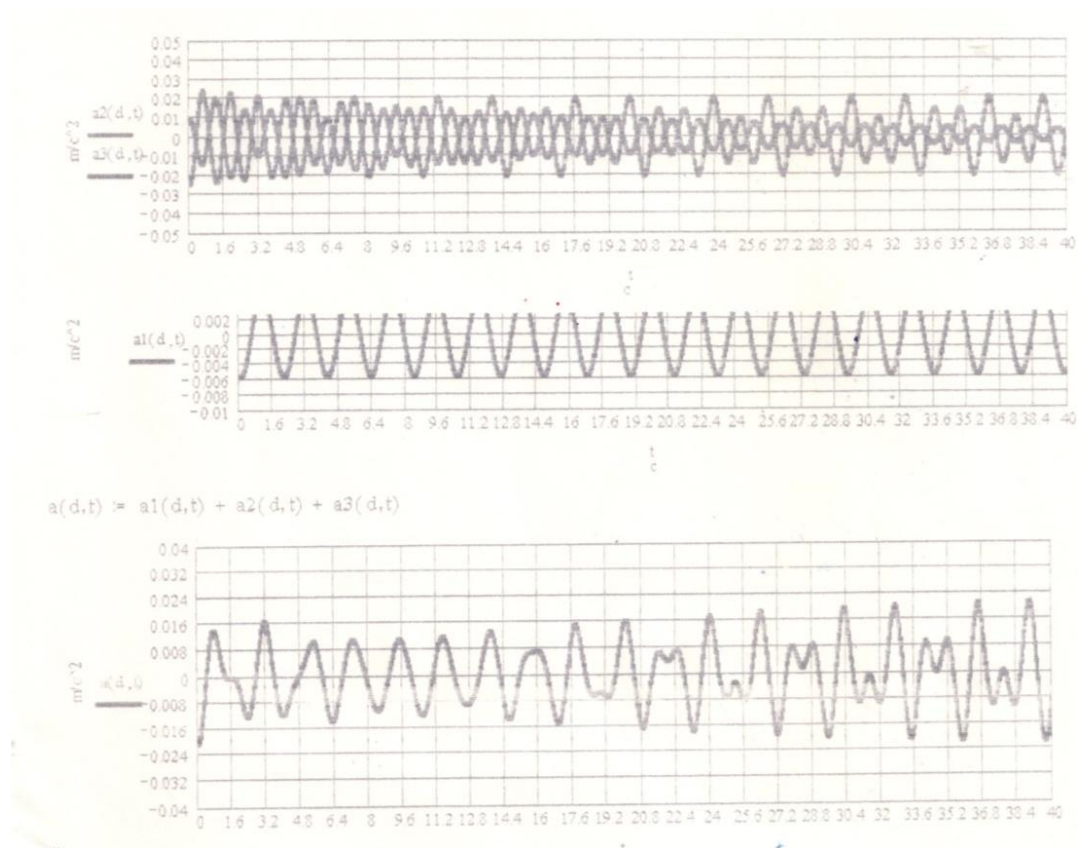
$$F(d) := \rho \cdot (1.33 \cdot \mu \cdot wb(d) \cdot \sqrt{3.5 \cdot g \cdot P0}) \cdot v + P0 \cdot wb(d)$$

$$M := \frac{[q \cdot (p^2 + w^2)]}{(p^2 - w^2)^2 + 4 \cdot n^2 \cdot w^2} \quad N := \frac{[q \cdot (2 \cdot n \cdot w)]}{(p^2 - w^2)^2 + 4 \cdot n^2 \cdot w^2} \quad K(d) := \frac{(F(d) \cdot m)}{k^2}$$

$$a1(d, t) := -w^2 \cdot M \cdot \cos((w \cdot t)) - w^2 \cdot N \cdot \sin(w \cdot t)$$

$$a2(d, t) := n^2 \cdot A \cdot \cos(p \cdot t) \cdot e^{-nt} - 2n \cdot p \cdot A \cdot (\sin(p \cdot t) \cdot e^{-nt}) - p^2 \cdot A \cdot (\cos(p \cdot t) \cdot e^{-nt})$$

$$a3(d, t) := \left[\frac{-q}{(p^2 - w^2)} \right] \cdot (w^2 \cdot \cos(w \cdot t)) - p^2 \cdot \cos(p \cdot t)$$



a_1 – вимушена складова, a_2 – гальмівна складова, a_3 – резонансна складова, a – сума всіх складових.

Рисунок 2.7 – Швидкість переміщення сердечника котушки від часу

3 ЕЛЕКТРОНІКА, МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА САПР

3.1 Розробка функціональної схеми

Способи управління кроковим двигуном для роботи установки.

Розрізняють:

- Повнокроковий режим без перекриття фаз;
- Повнокроковий режим з перекриттям фаз;
- Напівкроковий режим;
- Мікрокроковий режим;

Повнокроковий режим без перекриття фаз. У цьому режимі в один момент часу отримує живлення тільки одна фаза двигуна. Полюса ротора прагнуть зайняти положення навпроти обмотки, що живиться, залежно від напрямку протікання струму в ній. Недоліком даного способу є менший момент двигуна.

Напівкроковий режим є комбінацією двох вищеназваних, тобто ротор зупиняється як навпроти полюсів, так і в проміжному положенні між ними. З одного боку це дозволяє зменшити крок у два рази, з іншого будуть мати місце коливання моменту. Однією з проблем напівкрокового режиму є перехід в стан з однією включеною фазою. Справа в тому, що потрібно якомога швидше звести в фазі, що вимикається, струм до нуля.

Наприклад, використовуючи Н-міст, це здійснюється вимиканням всіх ключів, що призводить до того, що великий розрядний струм тече через діоди і джерело живлення.

Якщо ж залишити один ключ замкненим, то контур розряду буде включати в себе діод і ключ, тому струм буде спадати повільніше.

Недоліком покрокового режиму є досить значне коливання моменту від кроку до кроку. У тих положеннях ротора, коли живиться одна фаза, момент складає приблизно 70% від повного, коли живляться дві фази. Ці коливання

можуть бути причиною підвищених вібрацій і шуму, хоча вони все одно залишаються меншими, ніж в повнокроковому режимі.

Зсув точки рівноваги ротора говорить про те, що ротор можна зафіксувати в будь-якій довільній позиції. Для цього потрібно лише правильно встановити відношення струмів в фазах. Саме цей факт використовується при реалізації мікрокрокового режиму.

Там, де потрібні відносно малі переміщення і висока роздільна здатність, мікрокроковий режим здатний замінити механічний редуктор. Іноді мікрокроковий режим використовується для збільшення точності величини кроку понад заявлену виробником двигуна.

Підключення до системи відбувається за допомогою:

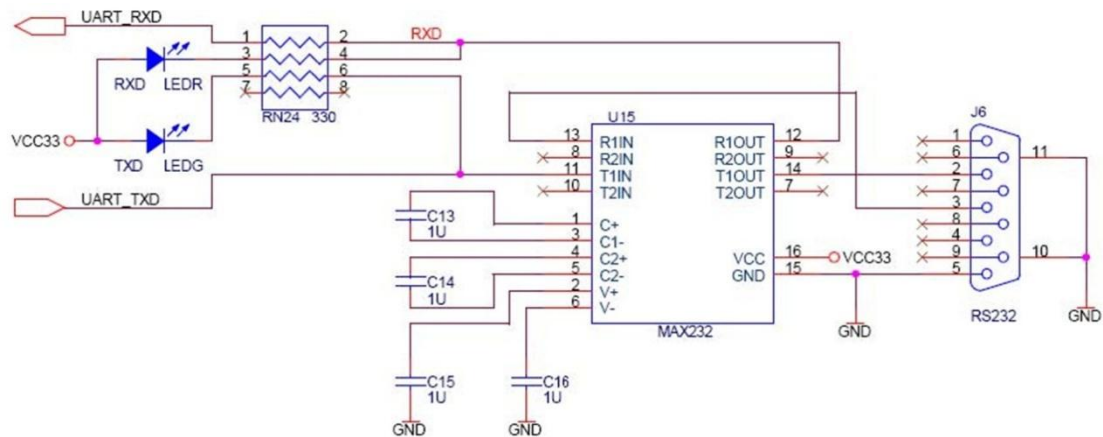


Рисунок 3.1 – Схема підключення КД

Оптимальним рішенням для вирішення цього завдання доцільно буде використати драйвер крокового двигуна VL-TB6600

Цей драйвер-контролер підійде для побудови систем ЧПУ, професійних, основаних на двигунах високої потужності. Якщо порівнювати з попереднім поколінням драйвера TB6560ANG, то вихідна потужність у TB6600HG зросла до 200Вт (як бачимо практичне подвоєння за значенням потужності), робочу напругу піднято з 35В (TB6560ANG) до 50В, робочий струм збільшений до 4.5а (5А пікове значення).

Збільшено максимальну робочу частоту.

Додані схеми захисту.

До даного драйвера можна віднести інтелектуальне управління струмом і використання ШІМ моделювання, завдяки чому є можливість підключати до драйверу крокові двигуни будь-якої напруги живлення і струму - на встановленому рівні мікросхема сама обмежить максимальний струм.

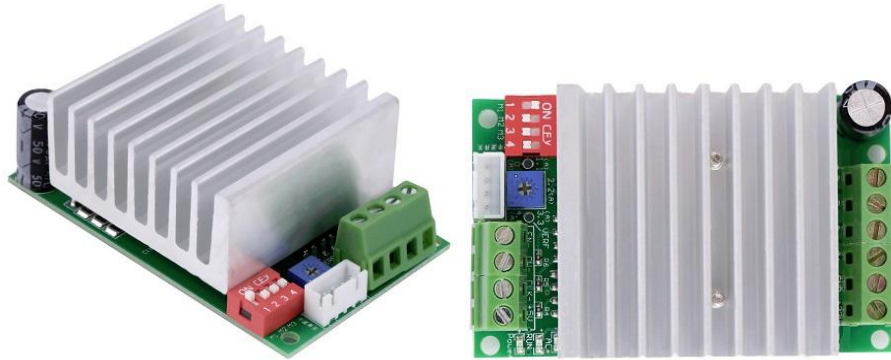


Рисунок 3.2 – Драйвер КД

Властивості	Параметри
Вхідна напруга силової частини	від 8В до 50В постійної напруги
Вихідний струм	від 0.3А до 4.5а (пікове значення 5А)
Мікрокрок	1 .. 2 .. 8 .. 16
Максимальна частота ШІМ	200кГц
Регулювання максимального струму ШД	1.1А .. 2.2а .. 3.3а .. 4.5а
Регулювання струму утримання	50% або 100%
Температура експлуатації	від -10 до + 45 ° С
Розміри	80мм * 50мм * 35мм
Вага	118.3г

Конструктивно драйвер виготовлений з можливістю монтажу в корпус і підключенням контактних площадок швидкокороз'ємним способом. Що спрощує його установку, експлуатацію і заміну в разі виходу з ладу.

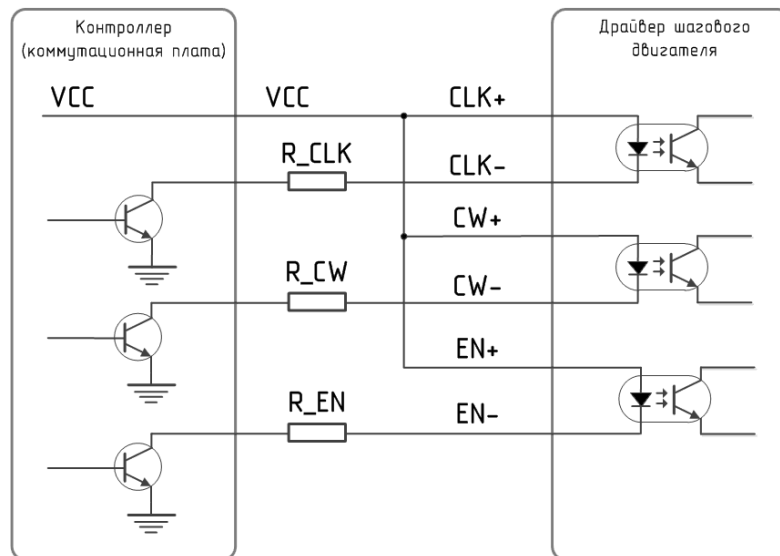


Рисунок 3.3 - Приклад підключення драйвера до контролера на NPN ключах з відкритим колектором

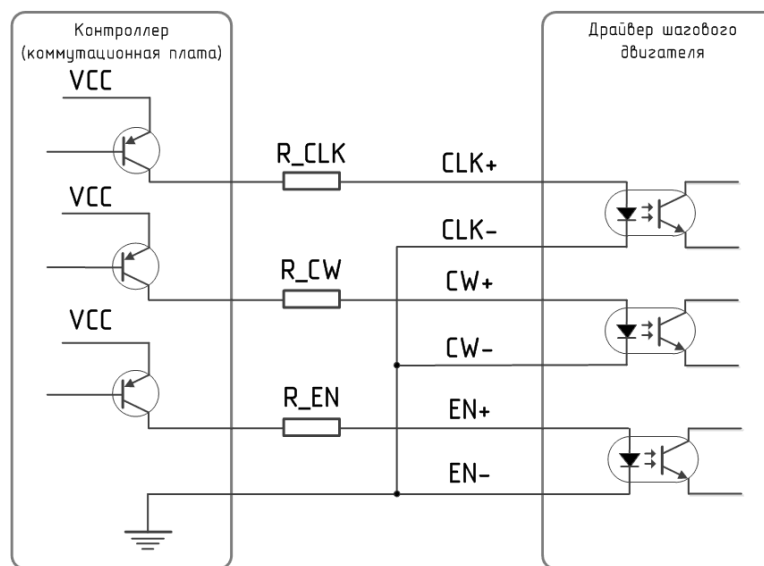


Рисунок 3.4 - Приклад підключення драйвера до контролера на PNP ключах з відкритим колектором

Значення опорів R_CLK , R_CW , R_EN залежать від напруги живлення VCC :

При $VCC = 5V$, $R_CLK = R_CW = R_EN = 0$;

При $VCC = 12V$, $R_CLK = R_CW = 1\text{кОм}$, $R_EN = 1.5\text{кОм}$;

При $VCC = 24V$, $R_CLK = R_CW = 2\text{кОм}$, $R_EN = 3\text{кОм}$;

3.2 Структурна схема та опис принципу роботи

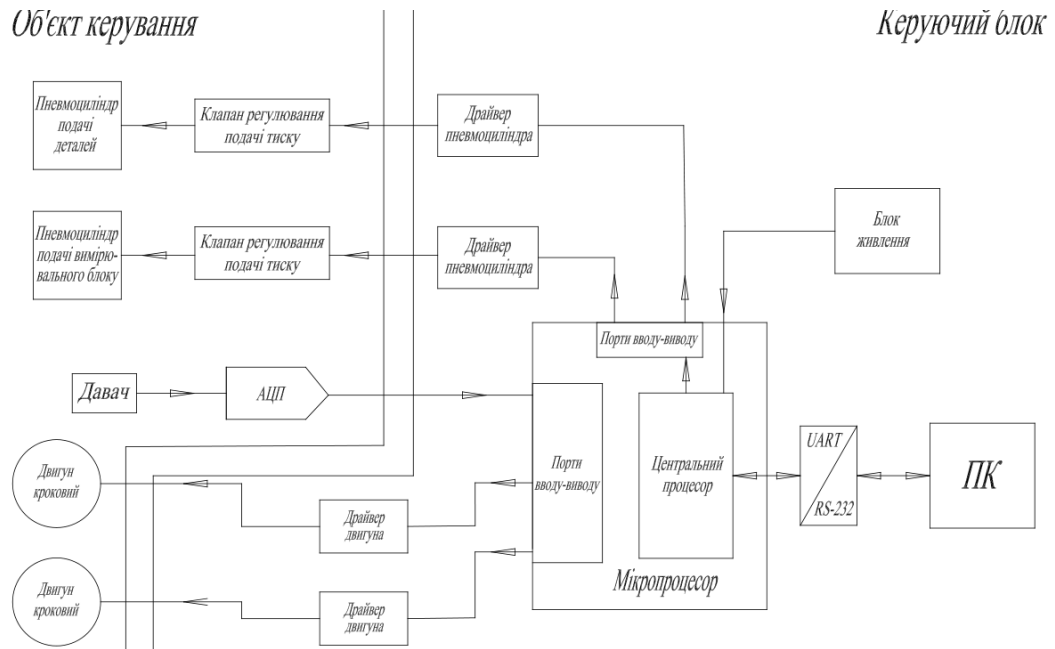
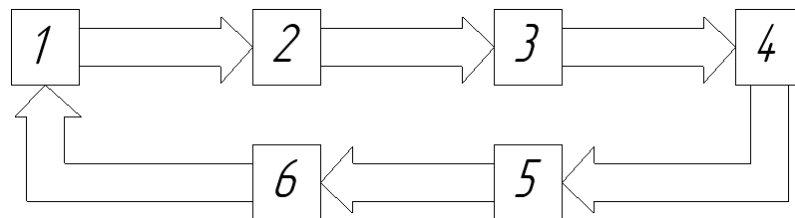


Рисунок 3.5 - Схема принципу роботи

Вибір та розрахунок елементів управління виконавчими пристроями

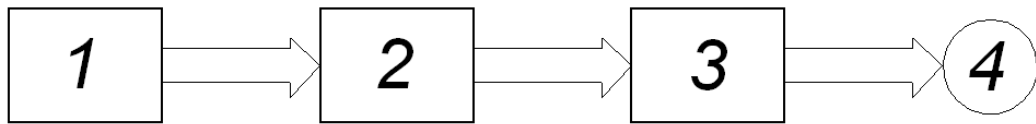


1 – центральний процесор, 2 – порт виводу контролера, 3 – драйвер керування, 4 – виконавчий пристрій, 5 – схема зняття вимірювання, 6 – блок перетворення.

Рисунок 3.6 - Структурна схема керування виконавчим пристроєм із зворотнім зв'язком

Опис роботи: Центральний процесор (1) виробляє керуючі сигнали, які через порт виводу мікроконтролера (2) подаються на драйвер керування (3), драйвер в свою чергу виробляє команди для керування виконавчим пристроєм (4). Для відслідковування положення виконавчого пристрою використано схему зняття вимірювання (5), сигнал в подальшому передається на блок перетворення (6) і в кінцевому результаті опрацьовується центральним процесором.

В даній установці пристрій підводиться до вимірювальної позиції за допомогою крокового двигуна.



1 – центральний процесор, 2 – порти контролера, 3 – драйвер керування, 4 – кроковий двигун.

Рисунок 3.7 - Схема керування кроковим двигуном

Зняття вимірювання з датчиків переміщень

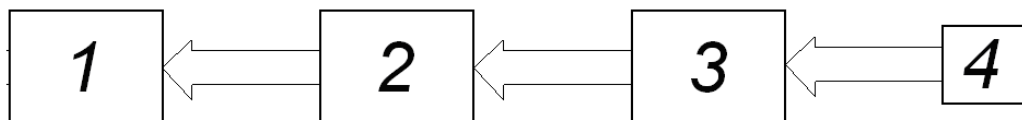


Рисунок 3.8 - Функціональна схема підключення індуктивного датчика переміщень

До складу схеми входить центральний процесор 1, який отримує перетворений цифровий сигнал з блоку АЦП 2. Схема узгодження 3, призначена для перетворення знятих значень з індуктивного датчика 4.

Схема проходження сигналу

Дані з датчика переміщення через схему зняття сигналу ідуть на комутатор, після чого аналоговий сигнал попадає на АЦП. В АЦП сигнал оцифровується і проходить на центральний процесор. ЦП обробляє сигнал і подає команду через порти вводу/виводу на драйвер керування кроковим двигуном.

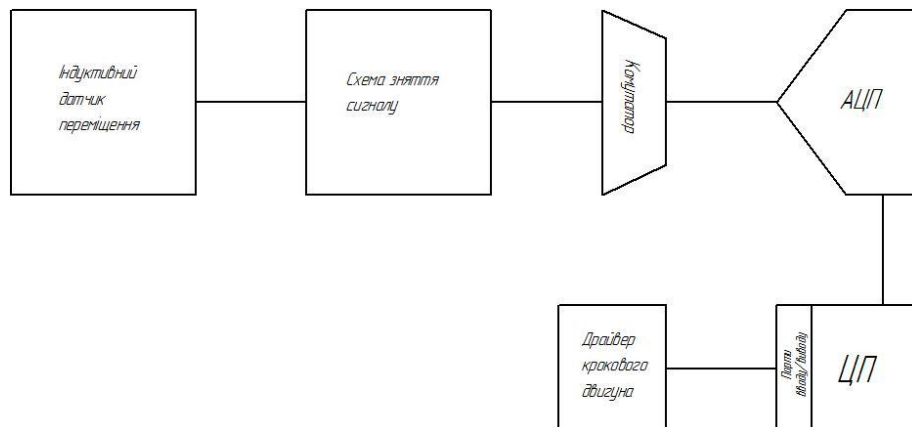


Рисунок 3.5 - Схема проходження сигналу

Для схеми узгодження можна використовувати інтегральну схему AD598

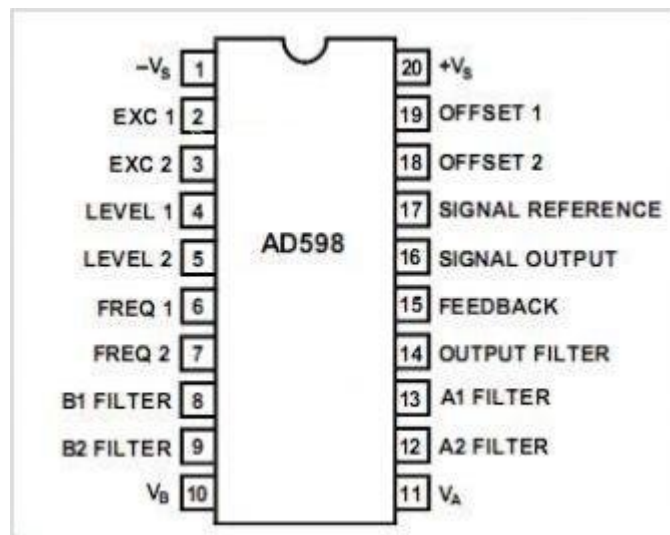


Рисунок 3.6 – Інтегральна мікросхема схеми AD598

3.3 Розробка принципової схеми

Вибір елементної бази

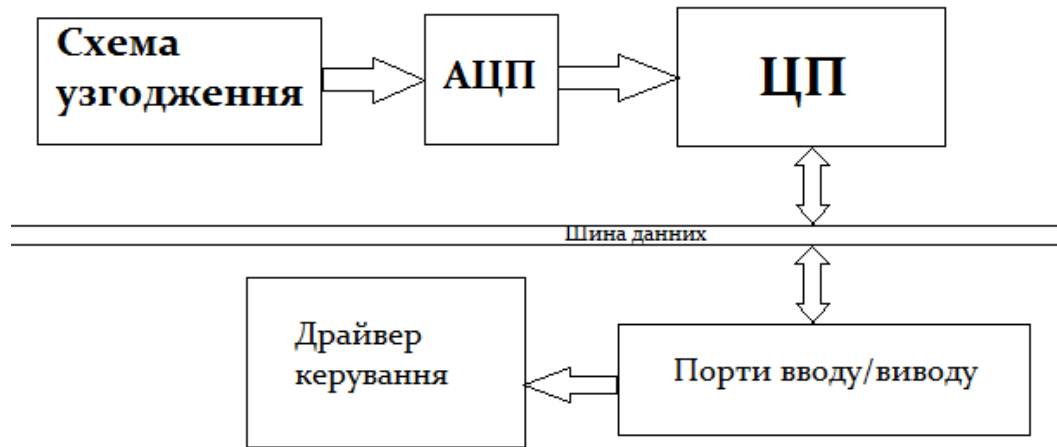
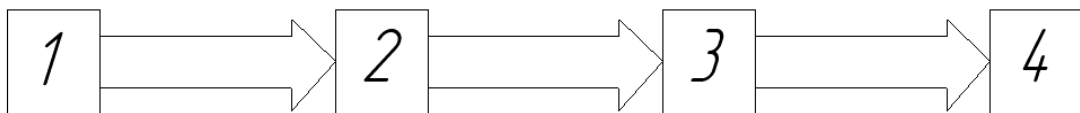


Рисунок 3.7 - Структура модульного процесора

Будуємо структурну схему керування виконавчим пристроєм без зворотного зв'язку.



1 – центральний процесор; 2 – порт виводу контролера;
3 – драйвер керування; 4 – виконавчий пристрій.

Рисунок 3.8 – Структурна схема керування виконавчим пристроєм без зворотного зв'язку

Опис роботи: Центральний процесор (1) виробляє керуючі сигнали, які через порт виводу мікроконтролера (2) подаються на драйвер керування (3), драйвер в свою чергу виробляє команди для керування виконавчим пристроєм (4).

Опис компонентів:

Для налаштування та роботи установки найкраще підійде цей вид мікроконтролера

Характеристики мікроконтролера

STM32F103

- Ядро ARM 32-bit Cortex-M3
- Максимальна частота 72МГц
- 64Кб Флеш пам'яті для програм
- 20Кб SRAM пам'яті
- Живлення 2.0 ... 3.3В
- 2 x 12-біт АЦП (0 ... 3.6В)
- DMA контролер
- 37 входів / виходів толерантних до 5В
- 4 16-розрядних таймери
- 2 watchdog таймери
- I2C – 2 шини
- USART – 3 шини
- SPI – 2 шини
- CAN
- USB 2.0 full-speedinterface

3.4 Бюджет живлення

Таблиця 3.1 - Споживання струму

Споживач	Струм, А	К-сть	Всього
Мікроконтролер STM32F1103C3T6	0,15	1	0,150
Інтерфейс BL-TB6600	0,5	1	0,500
DC/DCПеретворювач MC37065AS	0,3	1	0,300
Регулятор напруги LM1117IMPX-3.3	0,02	1	0,020
Резистори	0,002	30	0,065
Конденсатори	0,002	25	0,050
Світлодіод LED	0,015	1	0,015
Всього			1,100
Потужність			2,250
Потужність LDO			5,650

Таблиця 3.2 - Потужність схеми і ККД

Споживач	Струм, А	К-сть	Всього
	1,100		1,100
Всього			1,100
Потужність			7,500
U, V			24,0
Потужність стабілізатора			5.0
К.К.Д.			32%

3.5 Процедура калібрування

Калібрування - комплекс дій, що проводяться під час регулювання та періодичного підтвердження градуювальних характеристик контрольно-вимірювального приладу чи системи вимірювання спеціально для того, щоб встановити кореляцію (залежність) між показаннями приладу та кінцевим (що має бути повідомленим) результатом. Під час калібрування повинна бути мінімізована систематична похибка та встановлена точність контрольно-вимірювального приладу чи системи вимірювання. Зазвичай, калібрування контрольно-вимірювального приладу проводиться на еталонному матеріалі з використанням добре охарактеризованого матеріалу. Результат калібрування може записуватися в документ, що називається сертифікатом калібрування, і, деколи, відображається як фактор калібрування чи набір факторів калібрування, наприклад, у формі кривої калібрування. Процес калібрування повинен включати оцінку похибки калібрування.

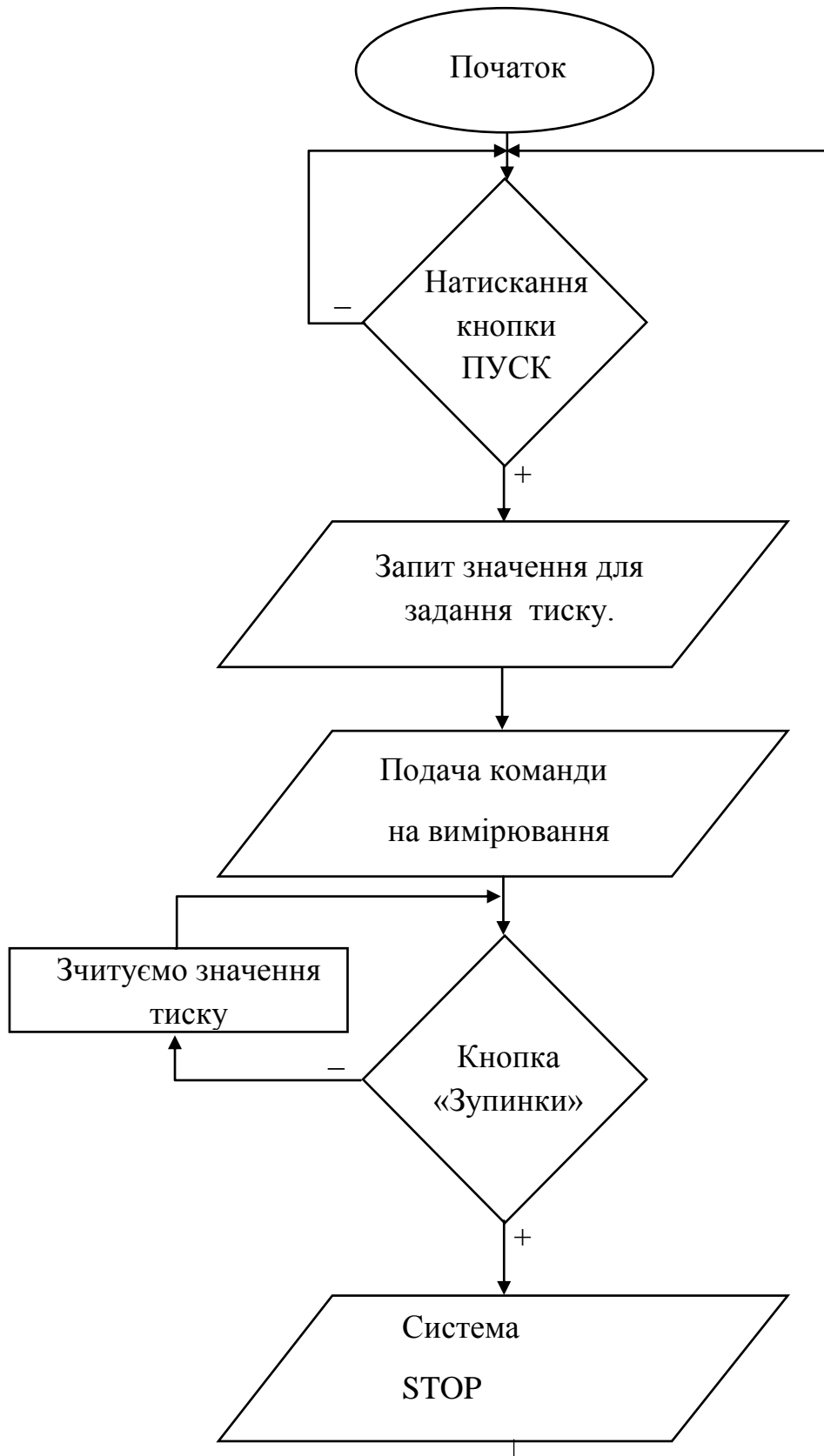
В цьому випадку калібрування буде відбуватися за такою послідовністю:

1. Встановлюємо установку в початкове положення.
2. За допомогою системи керування обнуляємо результати.
3. Проводимо тест роботи системи керування, вказуючи системі через який інтервал потрібно зупинитися.

3.6. Алгоритм роботи електронного блоку

Після натискання кнопки «ПУСК» ми задаємо параметри при яких повинен працювати прилад. Контролер обробляє введену нами інформацію і відправляє її на виконання виконавчим пристроям.

Після повторного запуску алгоритм роботи системи повторюється.



4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1 Характеристика технічного рівня проектного стенду для повірки надлишкового тиску

Таблиця 4.1 - Показники технічного рівня і якості проектного стенду

Показник	Од.показ-ника	Значення показника		Результати диф. оцінки технолог. рівня пр. стенду
		Проектован.	Замінюваного	
Призн.	коэф.	1	1	В
Надійн.	коэф.	1	0,7	В
Продук.	шт\год	14	9	В
Уніф.і станд.	коэф.	0,9	0,7	В
Єконом.	коэф.	0,95	0,95	В
Безпеки	коэф.	0,8	0,95	В

Розраховується комплексний показник якості проектного стенду за формулою:

$$P_K = \sum_{i=1}^n K_i \times D_i, \quad (4.1)$$

де P_K - комплексний показник якості проектного стенду;

K - відносні показники якості, визначені співставленням числових значень одиничних показників якості проектного і замінюваного стенду;

D_i - коефіцієнти вагомості i -го одиничного показника, який визначає його відносну значимість.

$$\left(\sum_{i=1}^n D_i = 1\right). \quad (4.2)$$

$$P_k = 1, 1 \times 1 = 1, 1 \quad (4.3)$$

Планування технологічної підготовки проектуючого стану

Визначення трудомісткості і обсягу робіт конструкторської підготовки

Величина трудових затрат розраховується в розрізі етапів конструкторської підготовки.

До них відносяться технічне завдання, технічна пропозиція, ескізний проект, технічний проект, розробка технічної документації.

Трудомісткість окремого етапу визначається за формулою:

$$T_{ki} = N_{чк} \times O_n \times K_c \times K_g \times K_f \quad (4.4)$$

де T_{ki} – трудомісткість виконання i -го етапу конструкторської підготовки;

$N_{чк}$ - норми часу конструкторської підготовки в розрахунку на одну деталь i -го вузла в залежності від ступеня складності і новизни вузла;

K_c - коефіцієнт серійності проектуючого виробу;

K_g - коефіцієнт габаритності в залежності від маси проектуючих конструкцій;

K_f - величина поправочних коефіцієнтів при невідповідності фактичних і нормальних форматів технічної документації. Об'єктом, на який встановлюється норма часу є проект формату: А1, А4. “Умовна деталь” та взірці виробів.

Кількість умовних деталей визначається за формулою:

$$D_{ум} = \sum D \times K_n \quad (4.5)$$

де: D - число деталей кожного виду;

K_n - коефіцієнт переводу в умовні деталі.

Для нашого випадку $K_n=1,0$ (оригінальна деталь). Група складності - 3. Група новизни - Д.

$$D_{ум}=24 \times 1,0=24.$$

Для технічного завдання трудомісткість буде:

$$T_{к1} = 58,4 \times 2 \times 1,00 = 116,8$$

$$T_{к2} = 352 \times 2 \times 1,00 = 704$$

$$T_{к3} = 450 \times 1 \times 1,00 = 450$$

$$T_{к4} = 5 \times 4 \times 1,8 \times 2,1 = 75,6$$

$$T_{к5} = 5,4 \times 28 \times 7 = 1058,4$$

Таблиця 4.2 –Трудомісткості підготовки

Назва конструкторської документ.	Стадії проектування	К-ть облікових одиниць	Норми часу на 1 облікову одиницю	Трудомісткість заг. обсягу робіт	Кваліфік. виконавців
A4	Техн. завдан.	2	58,4	116,8	Провідний конструктор.
A4	Техн. пропоз.	2	352	704	-----
A1	Ескізний проект	1	450	450	Інж.констр. 1 категорії
24	Техн. проект	4	5,9	875,6	-----
24	Роб. док.	28	5,4	1058,4	-----
Всього КПВ	-----	37	567,2	2404,8	2-гої категор.

4.2 Визначення трудомісткості обсягу робіт технологічної підготовки

Трудомісткість технологічної підготовки в розрізі окремих етапів визначається за формулою:

$$T_{mi} = N_{чт} \times N_{\partial} \quad (4.6)$$

де: T_{mi} - трудомісткість технологічної підготовки на i -му етапі;

$N_{чт}$ - норма часу на проектування технологічного процесу виготовлення однієї деталі;

N_{∂} - к-ть облікових одиниць (найменування деталей) рівне 24.

Трудомісткість технологічної підготовки буде:

для маршрутної технології:

$$T_{m1} = 24 \times 3,2 = 76,8;$$

для укрупненої технології:

$$T_{m2} = 24 \times 9,2225,6;$$

для розробки операційної технології:

$$T_{m3} = 24 \times 27,6 = 662,4;$$

Результати розрахунку трудомісткості технологічної підготовки подано в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3-Трудомісткість технологічної підготовки

Етапи технологічної підготовки виробництва	Кількість облікових одиниць	Норма часу на одну облікову одиницю	Трудомісткість загального обсягу робіт
Розробка маршруту технології	24	3,2	76,8
Розробка управління технології	24	9,4	225,6
Розробка опер.техн.	24	27,6	662,4
Всього по ТВП			964,8

4.3 Розрахунок затрат на виготовлення нового стану

Затрати на виробництво нового стану включають в себе наступні статті:

сировина і матеріали (за мінусом повернутих відходів);

куповані напівфабрикати і комплектуючі прилади;

паливо і енергія на технологічні цілі;

основна і додаткова заробітна плата виробничих робітників;

нарахування на зарплату (органам соціального страхування, в фонд зайнятості);

витрати на підготовку і освоєння виробництва;

витрати на експлуатацію і утримання обладнання;

цехові (загальновиробничі) витрати;

заводські (загальногосподарські) витрати;

інші виробничі витрати;

позавиробничі витрати.

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

$$M_3 = \sum H_{Mi} \cdot C_{oi},$$

де, H_{Mi} - норма затрат і-х сировини і матеріалу на стенд;

C_{oi} - оптова ціна за одиницю і-го матеріалу; n - кількість найменувань сировини і матеріалу.

Результати розрахунку затрат на сировину і матеріали зводимо в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 - Розрахунок затрат на сировину і матеріали

№ п/п	Найменування матеріальних ресурсів	Одиниц і виміру	Норма витрат на виг. устан.	Ціна за одиницю грн.	Затрати матер. грн.	Величина відход . грн.	Затрати матер. без від. грн.	Транс.-загот. Витрати грн.	Загал. сума витрат на 1 пр. грн.
1.	Двутавр 27	Кг	819	1,2	928,8	27,84	900,96	92,88	993,84
2.	Швелер 27	Кг	27,7	1,2	33,24	0,99	32,25	3,32	35,57
3.	Кутник 2,5	Кг	1,46	1,0	1,46	0,05	1,41	0,15	1,56
4.	Лист 40,ст3	Кг	700	1,4	980	29,4	950,6	98,0	1048,6
5.	Лист 30, ст3	Кг	2355	1,4	3297	98,91	3198,0	32,97	3231,0
6.	Дріт d5,5 мм	м/п	0,5	4	2	0,06	1,94	0,2	2,14
7.	Сталь 45	кг	30	1,8	54	1,62	49,38	5,4	54,78
8.	Емаль МЛ12	Кг	0,04	3,67	0,147	0,01	0,137	0,02	0,157
	ВСЬОГО	-	-	-	5296,6	158,88	5137,7	232,94	5370,7

Із визначеної суми затрат вираховуємо величину повернутих відходів (2-3% від затрат сировини і матеріалів). До отриманого результату додаємо транспортно-заготівельні затрати на рівні 10% преіскурантної вартості.

Розраховуємо вартість купованих напівфабрикатів і виробів.

Таблиця 4.5 -Розрахунок вартості купованих напівфабрикатів і виробів

№ п/п	Найменування матеріальних ресурсів	Одиниці виміру	Кі-сть виробів на вигот. 1 стенду	Ціна за один. грн.	Затр. матер. грн.	Транс.-загот. витра. грн.	Загал. сума витрат на 1 пр. грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Датчик	Шт	2	2000	2000	200	2200
2.	Мотор	Шт	1	150	150	15	165
3.	Мотор-редуктор	Шт	1	250	250	25	275
4.	Ланцюг	шт	1	15	15	1,5	16,5
5.	Підшипник	шт	4	200	200	20	220
6.	Шпилька довга	Шт	26	2,9	75,4	7,54	82,94
7.	Шпилька коротка	Шт	32	2,4	76,8	7,68	84,48
8.	Шпилька М8	Шт	4	0,1	0,4	0,04	0,44
9.	Болт М8	Шт	17	0,15	2,55	0,26	2,81
10.	Болт М6	Шт	4	0,1	0,4	0,04	0,44
11.	Болт М12	Шт	6	0,15	0,9	0,09	0,99
12.	Болт М20	Шт	7	0,2	1,4	0,14	1,54
13.	Гайка М6	Шт	6	0,1	0,6	0,06	0,66
14.	Гайка М8	Шт	14	0,1	1,4	0,14	1,54
15.	Гайка М12	Шт	6	0,1	0,6	0,06	0,66
16.	Гайка М20	Шт	4	0,1	0,4	0,04	0,44
17.	Мікроконтролер	Шт	1	5,0	5,0	0,5	5,5
18.	Мікросхема	Шт	4	2,8	11,2	1,12	12,32
19.	Мікросхема	Шт	9	1,9	17,1	1,71	18,81
20.	Мікросхема	Шт	17	1,0	17,0	1,7	18,7
21.	Мікросхема	Шт	1	4,0	4,0	0,4	4,4
22.	Кварцевий резонатор	Шт	1	0,5	0,5	0,05	0,55
23.	Конденсатори	Шт	16	0,1	1,6	0,16	1,76
24.	Резистори	Шт	111	0,05	5,55	0,56	6,11
25.	Діоди	Шт	16	0,1	1,6	0,16	1,76
26.	Оптопари	Шт	21	0,7	14,7	1,47	16,17
27.	Транзистори	шт	8	0,35	2,8	0,28	3,08
	ВСЬОГО	-	-	-	2947,2	294,72	3241,9

Розраховану вартість збільшуємо на величину транспортно-заготівельних витрат в розмірі 10% від прејскурантної вартості. Результати зводимо в таблицю 4.6.

Затрати на паливо на технологічні цілі при розробці даної системи відсутні.

Затрати на електроенергію розраховуємо за формулою:

$$Z_{\text{ет}} = H_e \cdot T_e,$$

де H_e - норма витрат електроенергії на одиницю виробу, кВт · год;

$T_e = 0,156$ грн. - тариф за 1 кВт · год на момент виробництва. $Z_{\text{ет}} = 200 \cdot 0,156 = 43,68$ грн.

Затрати на основну заробітну плату виробничих робітників, що зайняті у виготовленні стенду, визначаються на основі даних про трудомісткість виготовлення всіх деталей по видах робіт, величину тарифних ставок відповідних розрядів та процент доплат, що входять до основної зарплати робітників за формулою:

$$Z_o = \sum T_i \cdot T_{ci} \cdot K_d \quad (i = 1 \text{ до } n),$$

де: Z_o - затрати на основну зарплату; T_i - трудомісткість i -х видів робіт по виготовленню стенду; T_{ci} - величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розрядові i -х видів робіт; K_d - коефіцієнти доплат, що входять до основної заробітної плати (премії, доплати за роботу в нічний час, доплати незвільненим бригадирам і т.п.); n - кількість видів робіт.

Величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розрядові i -х видів робіт визначається за формулою:

$$T_{ci} = T_{c1} \cdot T_{kc},$$

де: T_{c1} - величина тарифної ставки 1-го розряду;

T_{kc} - середній тарифний коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$T_{kc} = \Sigma (K_i \cdot T_{ij}) / \Sigma T_{ij} (i = 1 \text{ до } p),$$

де: K_i - тарифні коефіцієнти i -х розрядів; T_{ij} - трудомісткість i -х робіт j -х розрядів; p - кількість розрядів.

Результати розрахунку трудомісткості робіт по виготовленню стенду зводимо в таблицю 4.6.

Коефіцієнт доплат, що входять до основної зарплати приймаємо рівним 1,35.

Додаткова зарплата виробничих робітників розраховується в процентах до основної зарплати, і приймаємо її рівною 10% від основної.

Затрати на підготовку і освоєння виробництва розраховуємо по основній і додатковій зарплаті працівників, зайнятих ТПВ.

Визначаємо чисельність працівників по професіях і кваліфікації за формулою:

$$ЧП_{ти} = T_{тпi} / Б_ч \cdot K_{вн},$$

де: $T_{тпi}$ – трудомісткість i -го етапу технічної підготовки ; $Б_ч$ - плановий річний бюджет часу одного працівника; $K_{вн} = 1,05$ коефіцієнт виконання норм часу працівниками.

Таблиця 4.6 – Результати розрахунку трудомісткості робіт по ВИГОТОВЛЕННЮ

№ п/п	Перелік деталей та вузлів, що виготовляються	Трудомісткість робіт, нормо-год					
		Загот.	Мех.	Слюс.-склад.	Елек т.мо нт.	Фарбу-вальн.	Регу-люв.
1.	Основи, планки, пластини	1,42	19,54	-	-	-	-
2.	Осі, стержні	3,19	15,65	-	-	-	-
3.	Шаби, гвинти, гайки	3,2	12,15	-	-	-	-
4.	Пружини, фіксатори	1,95	6,69	-	-	-	-
5.	Плата друкована	-	-	-	2,75	0,4	0,25
	ВСЬОГО нормо-год	8,76	54,03	5,2	2,75	0,40	0,7

Розрахунок затрат на зарплату основних робітників зводимо в таблицю 4.7.

До витрат на підготовку і освоєння виробництва відносяться витрати на проектування, розробку техпроцесу, проектування інструменту і технологічної оснастки, та інше. Розрахунок витрат на підготовку і освоєння виробництва ведемо в слідуючій послідовності.

Визначаємо чисельність працівників, зайнятих технічною підготовкою виробництва за формулою:

$$Ч_{пт} = T_{тп} / (Бч \cdot К_{вн}),$$

де Ч_{пт}- чисельність працівників, зайнятих технічною підготовкою виробництва;

T_{тп}- трудомісткість технічної підготовки виробництва. T_{тп}=1300год

К_{вн}- коефіцієнт виконання норм часу працівниками. К_{вн}=1,1

Бч- плановий річний бюджет часу одного працівника за два місяці буде становити Бч=310 год

Чпт=1300/(310 1,1)=3,8 чоловік.

Приймаємо Чпт=4 чоловіка.

Таблиця 4.7 – Розрахунок затрат на зарплату основних робітників

№ п/п	Види робіт та розряди	Труд-сть робіт, нор.-год	Год.та р. ставка відп.роз. грн.	Величи-на тар. Зарп-ти, грн.	Кое-ент доплат и до снов-ного	Основ на зарпла т.грн.	Кое-ент додатк. зарпла ти	Додатк. зарпла-та, грн.	Сума основ. і додат., грн
1.	Заготівельні	8,76	-	5,15					
	2-й розряд	6,57	0,56	3,68	x	x	x	x	x
	3-й розряд	2,19	0,67	1,47					
2.	Механічні	54,03	-	38,38					
	2-й розряд	19,54	0,59	11,52	x	x	x	x	x
	3-й розряд	16,34	0,71	11,60					
	4-й розряд	18,15	0,84	15,25					
5.	Слюсарно-склад.	5,2	-	3,33					
	3-й розряд	5,2	0,64	3,33	x	x	x	x	x
6.	Електромотажн і	2,75	-	1,90					
	3-й розряд	2,75	0,69	1,90	x	x	x	x	x
7.	Фарбувальні	0,40	-	0,23					
	2-й розряд	0,40	0,58	0,23	x	x	x	x	x
8.	Регулювальні	0,7	-	0,65					
	5-й розряд	0,7	0,93	0,65	x	x	x	x	x
	ВСЬОГО	71,84	x	49,64	1,4	69,50	0,11	7,65	77,15

Розраховуємо суму зарплати працівників за окладами:

$$З_{п_о} = \sum O_i \cdot Ч_{пті} \cdot 2,$$

$$З_{п_о} = 120 \cdot 4 \cdot 2 = 960 \text{ грн.}$$

Визначаємо величину основної і додаткової зарплати працівників:

$$З_{п_{од}} = З_{п_о} \cdot (1 + K_{д}) = 960 \cdot (1 + 0,15) = 1104 \text{ грн.}$$

Знаючи питому вагу (процентне співвідношення) основної і додаткової зарплати в зарплатах на підготовку і освоєння стенду - аналога, величина затрат на підготовку і виробництво нового стенду визначається за формулою:

$$З_{п_о} = З_{п_{од}} \cdot 100 / З_{гв} = 1104 \cdot 100 / 30 = 3680 \text{ грн.}$$

Затрати на експлуатацію обладнання приймаємо на рівні 200% від основної зарплати робітників.

Аналогічно: цехові затрати - 160%; загальнозаводські затрати - 210%. Інші виробничі затрати приймаємо на рівні 2% від заводської собівартості, позавиробничі затрати - 1% цієї собівартості.

Відрахування соцстраху, пенсійний фонд та фонд зайнятості приймаємо рівним 37,5%. Розрахунок поточних затрат на виготовлення стенду зводимо у таблицю 4.8.

Таблиця 4.8 – Розрахунок поточних затрат на виготовлення стенду

№ п/п	Калькуляційні статті	Сума затрат по варіантах	
		Базовий варіант	Проектний варіант
1.	Сировина і матеріали за мінусом відходів	5370,71	5370,71
2.	Куповані напівфабрикати і комплектуючі вироби	2241,9	3241,9
3.	Енергія на технологічні цілі	48	43,68
4.	Основна і додаткова зарп-лати виробничих робітників	95,16	77,15
5.	Нарахування на зарплату	35,69	28,93
6.	Витрати на підготовку і освоєння виробництва	3844,5	3680
7.	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	190,32	154,3
8.	Цехові витрати	152,26	123,44
9.	Загальнозаводські витрати	199,84	162,02
10.	Інші виробничі витрати	1,9	1,55
11.	Позавиробничі витрати	0,95	0,78
	ПОВНА СОБІВАРТІСТЬ	12181,23	12884,46

4.4 Визначення лімітної ціни нового стенду

Лімітна ціна - це максимальна оптова ціна, яка відповідає певним техніко-економічним параметрам нового стенду, відображає покращення його споживчих властивостей в порівнянні із зразками, що замінюються і зацікавлює споживача нового стенду в його використанні. Вона розраховується за формулою:

$$Ц_{л} = C_{мп} + П_{н},$$

де $C_{мп}$ - максимальний рівень повної собівартості нового стенду;

$П_{н}$ - нормативна величина прибутку.

Приймаємо $\Pi_n = 0,15 \cdot C_{\text{пн}}$, де $C_{\text{пн}}$ - повна собівартість нового стенду.

Максимальний рівень повної собівартості нового стенду дорівнює:

$$C_{\text{мп}} = 0,85 \cdot C_{\text{па}} \cdot \Pi_k,$$

де $C_{\text{па}}$ - повна собівартість стенду - вірця, що замінюється новим;
0,85 - нормативний коефіцієнт відносного здешевлення нового стенду.

Лімітна ціна нового стенду складе:

$$\text{Ц}_л = C_{\text{мп}} + \Pi_n = 0,85 \cdot C_{\text{па}} \cdot \Pi_k + 0,15 \cdot C_{\text{пн}}$$

де $\Pi_k = 1,35$ - комплексний показник якості нової стенду.

Тоді отримаємо:

$$\text{Ц}_л = 0,85 \cdot 12181,23 \cdot 1,35 + 0,15 \cdot 12884,46 = 15910,63 \text{ грн.}$$

4.5 Визначення затрат на експлуатацію стенду

Визначаємо затрати на експлуатацію за один рік його експлуатації за формулою:

$$Z_{\text{еп}} = \text{ПЗ}_{\text{ев}} + K_t - L_t,$$

де $\text{ПЗ}_{\text{ев}}$ – поточні затрати по експлуатації стенду за 1 рік; K_t – разові (капітальні) затрати при використанні стенду за цей же період. Ці затрати складаються із його оптової ціни з врахуванням затрат на доставку і монтаж в розмірі 10%:

для базового стенду:

$$\text{Ц}_б = C_{\text{па}} + 0,15 \cdot C_{\text{па}} = 1,15 \cdot 12181,23 = 14008,41 \text{ грн.}$$

$$K_t^б = 1,1 \cdot \text{Ц}_б = 1,1 \cdot 14008,41 = 15409,26 \text{ грн.}$$

- для нового стенду:

$$\Pi_{\text{н}} = C_{\text{па}} + 0,15 \cdot C_{\text{па}} = 1,15 \cdot 12884,46 = 14817,13 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{т}}^{\text{н}} = 1,1 \cdot \Pi_{\text{н}} = 1,1 \cdot 14817,13 = 16298,84 \text{ грн.}$$

$L_{\text{т}}$ – залишкова вартість стенду на кінець першого року експлуатації:

- для базового варіанту:

$L_{\text{т}}^{\text{б}} = \Pi_{\text{б}} - K_{\text{а}} \cdot \Pi_{\text{б}}$, де $K_{\text{а}} = 11\%$ – норма амортизаційних відрахувань .

$$L_{\text{т}}^{\text{б}} = 14008,41 - 0,11 \cdot 14008,41 = 12467,49 \text{ грн.}$$

- для нового стенду:

$$L_{\text{т}}^{\text{н}} = 14817,13 - 0,11 \cdot 14817,13 = 13187,24 \text{ грн.}$$

Величина поточних експлуатаційних затрат за рік служби стенду складається з таких статей:

$$\text{ПЗ}_{\text{ев}} = Z_{\text{мо}} + Z_{\text{мд}} + Z_{\text{зп}} + Z_{\text{е}} + Z_{\text{р}} + Z_{\text{і}} + Z_{\text{б}} + Z_{\text{п}} + Z_{\text{уп}},$$

де $Z_{\text{мо}}$ - затрати на основні матеріали за рік;

$Z_{\text{мд}}$ - затрати на допоміжні матеріали;

$Z_{\text{зп}}$ - затрати на основну і додаткову зарплату з нарахуванням;

$Z_{\text{е}}$ - затрати по всіх видах енергії як стенду, так і технологічного процесу, де застосовується стенд;

$Z_{\text{р}}$ - затрати на ремонт стенду і технологічного обладнання, якщо використання стенду вплинуло на виробничий процес;

$Z_{\text{і}}$ - затрати на інструмент, використаний для обробки і вимірювання;

$Z_{\text{б}}$ - затрати від браку на першому році експлуатації;

$Z_{п}$ - затрати на періодичні перевірки і наладку стенду;

$Z_{уп}$ - умовно-постійні затрати на перший рік експлуатації стенду.

При експлуатації розрахунку поточних затрат по експлуатації стенду враховуємо наступні фактори:

Визначаємо затрати на основну і додаткову зарплату для базової стенду по формулі:

$$Z_{зп}^{\text{б}} = (t_1/60) \cdot TC_i \cdot (1+K_{\text{до}}) \cdot (1+K_{\text{дд}}) \cdot (1+K_{\text{вз}}) \cdot \Pi_1,$$

де $t_1 = 3$ хв - час вимірювальної дії стенду по базовому варіанті;

$t_2 = 2$ хв - час вимірювальної дії нового стенду);

$TC_i = 0,84$ грн. - годинна тарифна ставка оператора IV розряду;

$K_{\text{до}} = 0,4$ - коефіцієнт доплат до основної зарплати;

$K_{\text{дд}} = 0,11$ - коефіцієнт додаткової зарплати;

$K_{\text{вз}} = 0,37$ - сума відрахувань від основної зарплати;

$\Pi_1 = 5$ шт/рік - річна програма контролю виробів при використанні базового стенду;

$\Pi_2 = 8$ шт/рік - річна програма контролю виробів при використанні нового стенду.

Тоді для базового варіанту отримуємо:

$$Z_{зп}^{\text{б}} = 3/60 \cdot 0,84 \cdot (1+0,4) \cdot (1+0,11) \cdot (1+0,37) \cdot 5 = 0,45 \text{ грн.}$$

Для проектного варіанту отримуємо:

$$Z_{зп}^{\text{н}} = 2/60 \cdot 0,84 \cdot (1+0,4) \cdot (1+0,11) \cdot (1+0,37) \cdot 8 = 0,48 \text{ грн.}$$

в) Розраховуємо затрати на електроенергію за формулою:

$$Z_e = M_1 \cdot (t_1/60) \cdot \Pi_1 \cdot E_e,$$

де $M_1 = 1$ кВт - потужність, яку споживає базовий стенд

$M_2 = 1,5$ кВт - потужність, яку споживає новий стенд).

Для базового стенду:

$$Z_e^b = 1 \cdot (3/60) \cdot 5 \cdot 0,156 = 0,04 \text{ грн.}$$

Для нового стенду:

$$Z_e^h = 1,5 \cdot (2/60) \cdot 8 \cdot 0,156 = 0,06 \text{ грн.}$$

г) Затрати на ремонт стенду і технологічного обладнання обраховується за формулою:

$$Z_p = Z_{pp} + Z_{po},$$

де Z_{pp} – затрати на ремонт стенду;

Z_{po} – затрати на ремонт технологічного обладнання.

Затрати на ремонт базового стенду приймаємо в процентах від його оптової ціни:

$$Z_p^b = 0,09 \cdot C_b = 0,09 \cdot 6200,60 = 1386,82 \text{ грн.}$$

Для базового стенду:

$$Z_{\text{рп}}^{\text{б}} = Z_{\text{р}}^{\text{б}} \cdot \Pi_2/\Pi_1 \cdot K_{\text{пн}} \cdot K_{\text{еф}},$$

де $K_{\text{пн}}$ – коефіцієнт, що характеризує зростання продуктивності робочого процесу, в якому використані нового стенду підвищеної надійності; $K_{\text{пн}}=1,2$; $K_{\text{еф}}=1,1$ – коефіцієнт, який характеризує долю зменшення затрат на ремонт нового стенду при підвищенні її надійності.

$$Z_{\text{рп}}^{\text{б}} = 1386,82 \cdot 8/5 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 2928,96 \text{ грн.}$$

Для нового стенду:

$$Z_{\text{рп}}^{\text{н}} = 0,09 \cdot C_{\text{л}}^{\text{н}} = 0,09 \cdot 16298,84 = 1466,89 \text{ грн.}$$

Сумарні затрати на ремонти складають:

для базового стенду:

$$Z_{\text{р}}^{\text{б}} = 2928,96 \text{ грн.}$$

для нового стенду:

$$Z_{\text{р}}^{\text{н}} = 1466,89 \text{ грн.}$$

д) Затрати на періодичні перевірки стенду визначаємо на основі прејскуранту перевірочних робіт Держстандарту.

- для базового стенду:

$$Z_{\text{п}}^{\text{б}} = N_{\text{п}} \cdot Z_{\text{пн}}^{\text{б}} \cdot \Pi_2/\Pi_1 = 1 \cdot 15,8 \cdot 8/5 = 25,28 \text{ грн.}$$

де $N_{\text{п}}$ – кількість перевірок на рік;

$Z_{\text{пн}}^{\text{б}}$ – затрати на одну перевірку стенду.

- для нового стенду:

$$Z_{\text{п}}^{\text{н}} = N_{\text{п}} \cdot Z_{\text{пп}}^{\text{н}} = 1 \cdot 22,34 = 22,34 \text{ грн.}$$

е) Величина умовно-постійних затрат з врахуванням зростання продуктивності нового стенду визначається за формулою:

для базового стенду:

$$Z_{\text{п}}^{\text{б}} = Z_{\text{уп}}' \cdot (\Pi_2/\Pi_1 - (\Pi_2/\Pi_1 - 1) \cdot K_{\text{уп}}),$$

де $Z_{\text{уп}}'$ – величина умовно-постійних затрат без врахування приросту продуктивності нового стенду; $K_{\text{уп}}$ – коефіцієнт, який враховує долю приросту умовно-постійних затрат на 1% приросту продуктивності нового стенду.

$$Z_{\text{п}}^{\text{б}} = 68,4 \cdot (8/5 - (8/5 - 1) \cdot 0,6) = 84,81 \text{ грн.}$$

для нового стенду:

$$Z_{\text{п}}^{\text{н}} = Z_{\text{уп}}' = 68,4 \text{ грн.}$$

Визначаємо сумарні поточні затрати на експлуатацію стенду, сумуючи величини, розраховані в п.п.а-е даного підрозділу:

для базового варіанту:

$$\text{ПЗ}_{\text{ев}} = 0,45 + 0,04 + 2928,96 + 22,28 + 84,81 = 3036,54 \text{ грн.}$$

для проектного варіанту:

$$0,48+0,06+1466,89+22,34+68,4=1570,83 \text{ грн.}$$

З врахуванням разових капітальних затрат за мінусом залишкової вартості, одержимо:

для базового стенду:

$$З_{\text{еп}}^{\text{б}} = 3036,54+15409,26-12461,49=5984,31 \text{ грн.}$$

для проектного стенду:

$$З_{\text{еп}}^{\text{н}} = 1570,83+16298,84-13187,24=4682,43 \text{ грн.}$$

4.6 Розрахунок економічного ефекту від виготовлення і експлуатації стенду

Економічний ефект від виготовлення стенду розраховуємо за формулою:

$$E_{\text{в}}=(Ц_{\text{н}} - З_{\text{нв}})-(Ц_{\text{б}} - З_{\text{бв}})=(14008,41-12461,49)-(14817,13-13187,24) = 82,97 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від експлуатації стенду визначаємо за формулою:

$$E_{\text{е}} = З_{\text{еп}}^{\text{б}} \cdot T_{\text{C1}} / T_{\text{C2}} - З_{\text{еп}}^{\text{н}},$$

де $T_{\text{C1}}, T_{\text{C2}}$ – строки служби відповідної базового і нового стенду.

Строк служби стенду визначається за формулою:

$$T_c = 100 \cdot (P_b + V_d - L_b) / P_b \cdot N_a,$$

де P_b – початкова вартість стенду, яка визначається оптовою ціною з включенням до неї затрат на доставку і монтаж в розмірі 10% від ціни.

$$P_b^{\bar{}} = 14008,41 \cdot 1,1 = 15409,26 \text{ грн. } P_b^H = 14817,13 \cdot 1,1 = 16298,84 \text{ грн.}$$

V_d - вартість демонтажу (приймаємо 1% від оптової ціни);

$$V_d^{\bar{}} = 14008,41 \cdot 0,01 = 140 \text{ грн. } V_d^H = 14817,13 \cdot 0,01 = 148 \text{ грн.}$$

L_b - ліквідаційна вартість (2% від оптової ціни);

$$L_b^{\bar{}} = 14008,41 \cdot 0,02 = 280 \text{ грн. } L_b^H = 14817,13 \cdot 0,02 = 296 \text{ грн.}$$

$N_a = 11\%$ – норма амортизації. Тоді отримаємо:

$$T_{C1} = 100 \cdot (15409,26 + 140 - 280) / 15409,26 \cdot 11 = 9 \text{ років.}$$

$$T_{C2} = 100 \cdot (16298,84 + 148 - 296) / 16298,84 \cdot 11 = 9,1 \text{ років.}$$

Економічний ефект від експлуатації стенду складає:

$$E_e = 5984,31 \cdot 9,1/9 - 4682,43 = 1368,37 \text{ грн}$$

Загальний економічний ефект від виробництва і експлуатації стенду становить: $E_{ve} = E_b + E_e = 82,97 + 1368,37 = 1451,34 \text{ грн.}$

Техніко-економічні показники порівнюваних варіантів.

Дані зводимо в таблицю 4.8.

Таблиця 4.8- Техніко-економічні показники порівнюваних варіантів

№ п/п	Показники	Одиниці виміру	Показники		Результат +/-
			Базовий	Проект.	
1.	Строк служби	Років	9	9,1	+0,1
2.	Комплексний показник якості	-	1	1,05	+0,05
3.	Оптова ціна	грн.	14008,41	14817,13	-808,72
4.	Затрати на виготовлення	грн.	12181,23	12884,46	-703,23
5.	Поточні експлуатаційні затрати	грн.	53858,79	42610,11	+11248,68
6	Залишкова вартість	грн.	12467,49	13187,24	-719,75
7	Економічний ефект	грн.	-	9016,98	9016,98

ВИСНОВКИ

Проведений техніко-економічний аналіз виготовлення та експлуатації нового стану для контролю середнього діаметру зовнішньої різьби деталей з розробкою елементів мікропроцесорної системи управління цим процесом, проектування завантажувального, транспортуючого пристроїв, компоновка вимірювальної позиції та узгодження взаємодії всіх функціональних блоків робочого циклу, можна зробити наступні висновки.

Затрати на технічну підготовку нового стану вищі ніж у базовому варіанті.

Собівартість нового стану вища, ніж у базовому варіанті, по причині більших затрат на куповані вироби і напівфабрикати.

Економічний ефект при експлуатації стану досягається за рахунок суттєвого зменшення затрат на ремонт нового стану, а також підвищення продуктивності нового стану, що досягається використанням комп'ютерної техніки і більшої стандартизації процесу вимірювання.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Вимоги до виробничого освітлення та його нормування

Освітленість у виробничій діяльності має велике значення в зниженні виробничого травматизму, створює нормальні умови для роботи органів зору і підвищує загальну працездатність. Світло забезпечує зв'язок організму з зовнішнім середовищем, володіє високою біологічною і тонізуючою дією. Зір — головний “інформатор” людини; біля 90% всієї інформації про зовнішній світ поступає в наш мозок через очі.

Виробниче освітлення, правильно спроектоване і виконане, призначено для рішення слідуючих питань: воно поліпшує умови зорової роботи, знижує втомність, сприяє збільшенню продуктивності праці; добре впливає на виробниче середовище, здійснюючи позитивну психологічну дію на працівника; підвищує безпеку праці і знижує травматизми на виробництві.

До теперішнього виробничого освітлення ставляться високі вимоги не тільки гігієнічного, но і техніко-економічного характеру.

Для освітлення виробничих приміщень використовують природне і штучне освітлення.

Створення сприятливих умов праці, які виключають скору втому зору, виникнення нещасних випадків і сприяючих збільшенню продуктивності праці, можливо тільки освітлювальною установкою, яка відповідає слідуючим вимогам:

а) освітленість на робочому місці повинна відповідати зоровим умовам праці відповідно до гігієнічних норм;

б) необхідно забезпечити достатньо рівномірне розподілення яркості на робочій поверхні, а також в границях навколишнього середовища;

в) на робочій поверхні повинні бути відсутні різкі тіні;

г) в околі зору повинний бути відсутній прямий і відбитий блиск. Блиск—збільшена яркість поверхні, який визиває порушення зорових функцій;

д) величина освітленості повинна бути постійною в часі;

е) треба вибирати оптимальну направленість світлового потоку, що дозволяє в одних випадках розглядати внутрішні поверхні деталей, в других — розрізняти рельєфність елементів робочої поверхні;

є) необхідно вибирати необхідний спектральний склад світла;

ж) освітлювальна установка не повинна бути джерелом додаткової небезпеки і шкідливості. Необхідно звести до мінімуму тепловиділення, небезпеку ураження струмом і її пожежонебезпечність;

з) установка повинна бути зручною, надійною і простою в експлуатації.

Для освітлення виробничих приміщень в першу чергу слід застосовувати газорозрядні лампи незалежно від прийнятої системи освітлення у зв'язку з великою перевагою їх перед лампами розжарювання економічного і світлотехнічного характеру. Використання ламп розжарювання можливе тільки в випадках неможливості використання газорозрядних ламп.

Прийнято роздільне нормування освітленості в залежності від застосованого джерела світла і системи освітлення. Величина мінімальної освітленості встановлюється відповідно умовам зорової роботи, які визначаються найменшим розміром об'єкта розпізнавання, контрастністю об'єкта з фоном і характеристикою фона.

При визначенні норми освітленості необхідно враховувати ряд вимог, які визивають необхідність збільшення рівня освітленості, вибраного по точності зорової роботи.

При роботі на стенді зорові роботи відносяться до III розряду, тому що стенд призначений для перевірки зразкових манометрів, і покази з зразкового манометра потрібно знімати досить точно, бо від цього залежить

похибка вимірювання. Величина мінімальної освітленості для III розряду зорової роботи приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Найменша освітленість на робочій поверхні в виробничих приміщеннях

Розмір об'єкту розпізнання	Розряд роботи	Під-розряд	Контраст об'єкту з фоном	Фон	Найменша освітленість, лк			
					при газорозрядних лампах		при лампах розжарювання	
					комбі-новане	одне спільне	комбі-новане	одне спільне
Від 0,3 до 0,5	III	а	Малий	темний	2000	500	1500	300
		б	Малий	середній	1000	300	750	200
		в	Середній	темний	750	300	600	200
			Малий	світлий				
		г	Середній	середній	400	200	400	150
			Великий	темний				
			Середній	світлий				
				Великий	середній			

Підвищення освітленості потрібно передбачати також в приміщеннях з недостатнім по нормам природного світла, яке при бічному освітленні складає менше 80% нормуючого значення, а при верхньому не менше 60%. В деяких випадках необхідно зменшувати нормуючі освітленості, наприклад, при тимчасове перебування людей в приміщенні.

В приведених нормах для газорозрядних ламп значення нормованої освітленості вище, чим для ламп розжарювання, в наслідок великої світловіддачі цих ламп. Система комбінованого освітлення, як більш економічна, має норми освітленості вище, чим для спільного освітлення. Таким чином, в норми заложена тенденція підвищення освітленості у всіх

випадках, коли її можна збільшити за рахунок підвищення економічності установки. Для виключення часткової переадаптації зору із-за нерівномірного освітлення в приміщенні при системі комбінованого освітлення необхідно, щоб світильники загального освітлення створювали не більше 10% нормованої освітленості.

Для обмеження осліплюючі дії світильників загального освітлення в виробничих приміщеннях показник осліпленості не повинен перевищувати 20-80 одиниць в залежності від часу роботи і її зорового розряду.

При освітлені виробничих приміщень газорозрядними лампами, які живляться змінним струмом промислової частоти 50 Гц, необхідно обмежити глибину пульсації освітленості. Допустимий коефіцієнт пульсації в залежності від системи освітленості і характеру виконуваної роботи не повинні перевищувати 10-20%.

5.2 Розрахунок освітлення стенда для перевірки зразкових манометрів

Світло має велике значення для роботи і збереження здоров'я людини, оскільки діє на органи зору, а через них на центральну нервову систему. Рациональне освітлення виробничих приміщень відіграє суттєву роль у створенні сприятливих та безпечних умов праці.

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих і побутових приміщеннях, де недостатньо природнього світла, а також для освітлення приміщень в нічний час.

По функціональному призначенню штучне освітлення поділяють на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне, чергове. В нашому випадку ми будемо розглядати робоче освітлення яке забезпечує зорові умови для нормальної роботи людей.

В якості джерел світла застосовують газорозрядні лампи чи лампи розжарювання. Сукупність джерела світла і освітлювальної арматури - це світильник. Найбільш важливими функціями освітлювальної арматури

являється запобігання очей робітників від надмірно великих яскравостей джерел світла, а також перерозподілення світлового потоку лампи, яке збільшує ефективність освітлювальної установки. По розподіленню світлового потоку в просторі розрізняють світильники прямого, розсіяного і відбитого світла, а по конструктивному виконанню – світильники відкриті, закриті, захищені, пилонепроникні, вологозахищені, вибуховозахищені, вибухобезпечні. По назначенню світильники діляться на світильники загального і місцевого освітлення.

Штучне освітлення по конструктивному виконанні поділяється на загальне (рівномірне чи локалізоване) і комбіноване (до загального добавляється місцеве). Використання тільки місцевого освітлення без загального забороняється.

Освітленість робочої поверхні, яка створюється світильниками загального освітлення, повинна складати 10 % нормованої для комбінованого освітлення при тих джерелах світла, які використовуються для місцевого освітлення. Для загального освітлення в системі комбінованого рекомендовано застосовувати газорозрядні лампи незалежно від типу джерела світла місцевого освітлення. Нерівномірність освітленості, створювана світильниками загального освітлення в зоні розміщення робочих місць, повинна бути як можливо менша. Освітлення не повинно викликати осліпленості. Показник осліпленості p служить для оцінки осліплювальної дії освітлювальної установки і підраховується по формулі [22]:

$$p = (\omega - 1) \cdot 100 \%,$$

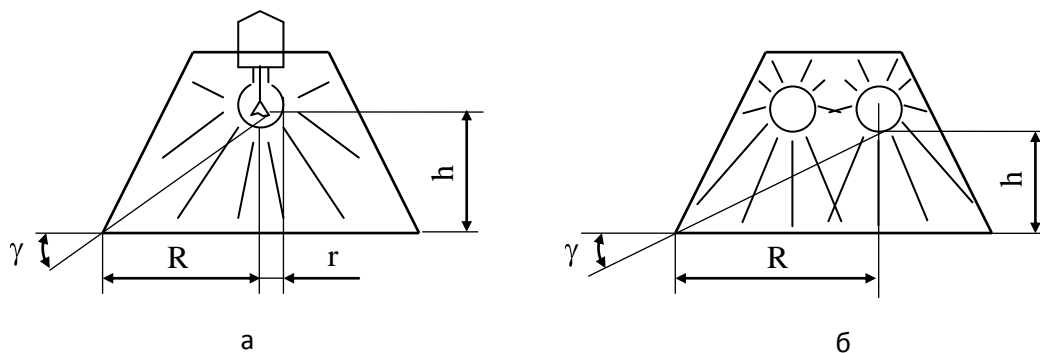
де ω - коефіцієнт осліплюваності.

Для попередження осліпленості світильник місцевого освітлення повинен мати глибокі відбивачі з непросвітлювального матеріала чи з скла молочного кольору. Захисний кут γ відбивача (рис. 7.1), де показано міру

прикриття яскравих частин лампи (нитки розжарювання) від очей, повинен бути не менше 30° .

Обмеження осліпленості досягається дотриманням вимог: відношення осьової сили світла прожектора I_0 (кд), до квадрату висоти стенда H (м), не повинно перевищувати 300, тобто $I_0 / H^2 \leq 300$, звідки [22]:

$$H = \sqrt{I_0 / 300},$$



а – з лампою розжарювання; б – з газорозрядними лампами.

Рисунок 5.1 – Захисний кут світильника

На вимірювальній ділянці проводяться роботи середньої точності (III розряд зорових робіт), для яких нормативна величина освітленості у випадку люмінісцентних ламп, рівна 400 лм.

Є три методи розрахунку штучного освітлення: крапковий, метод питомої потужності, метод коефіцієнта використання світлового потоку.

Для розрахунку освітлення стенда вибираємо метод світлового потоку, оскільки даний метод дозволяє визначити світловий потік ламп, необхідний для досягнення заданої освітленості із врахуванням світла, відбитого від стін, стелі і робочої поверхні.

Світловий потік розраховується за формулою [22]:

$$\Phi_{л} = \frac{E_n \cdot S \cdot K \cdot z}{\eta \cdot n \cdot N},$$

де E_n – нормована освітленість; K – коефіцієнт запасу (для люмінісцентних ламп береться $1,5 \div 2$); z – коефіцієнт мінімальної освітленості, що рівний відношенню середньої освітленості до мінімальної (приймається рівний $1,1 \div 2$); S – площа приміщення; n – число ламп в світильнику; N – кількість світильників; η – коефіцієнт використання світлового потоку (визначається по показнику приміщення i , типу світильника і коефіцієнта відбиття потоку ρ_n , від стін ρ_c , робочої поверхні $\rho_{р.п.}$).

Для знаходження η розраховується індекс приміщення i за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)},$$

де H_p – розрахункова висота підвісу світильника над робочою поверхнею; A, B – ширина і довжина приміщення.

$$i = \frac{4 \cdot 5}{3 \cdot (4 + 5)} = 0,74.$$

Прийнявши $\rho_n = 50\%$, $\rho_c = 30\%$, $\rho_{р.п.} = 10\%$ знаходиться (з таблиць значення η для $i = 0,7$) та світильника типу НОДЛ – 2*40. Для нашого стенда $\eta = 30\%$, кількість світильників вибираємо 8, кількість ламп в світильнику – 2.

Знаходимо $\Phi_{л}$:

$$\Phi_{л} = \frac{400 \cdot 20 \cdot 2 \cdot 1,2}{0,3 \cdot 2 \cdot 8} = 4000 \text{ лм.}$$

З таблиці № 4 [22] вибираємо лампу ЛД80.

Схема розміщення світильників показана на рис. 5.2.

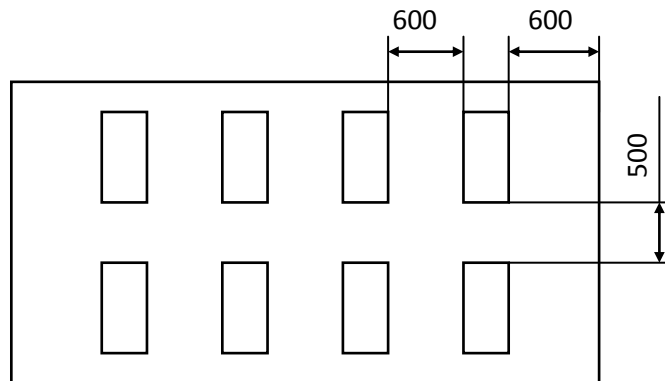


Рисунок 5.2 – Схема розміщення світильників

Розраховане освітлення забезпечує нормальні умови праці робітників за стендом для перевірки зразкових манометрів.

5.3 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок

Виникнений пожежа можна ліквідувати, тільки усунувши один із трьох факторів, необхідних для горіння: паливну речовину, окисник, джерело тепла. Для цього необхідно щоб в зону горіння не поступало повітря, паливні рідини чи знизити їх подачу до значень, при яких горіння не може проходити. Охолодити зону горіння нижче температури самозагорання чи понизити температуру палаючої речовини нижче температури спалахування; розбавити взаємодію речовину негорючими речовинами; ізолювати паливні речовини від зони горіння, механічне збивання полум'я.

До основних заходів гасіння пожерів відносять воду, водяну пару, інертні гази, а також хімічні речовини, такі як: вуглекислий газ, піна, порошковидні речовини. Використання заходів пожежогасіння залежить від типу установок. При загорянні стенду можна використовувати для його гасіння хімічні речовини.

Хімічні засоби гасіння пожежі в теперішній час знаходять широке розповсюдження, особливо в випадках, коли воду використовувати неможна. До хімічних засобів відносять гасіння вуглекислим газом, порошковими речовинами тощо.

Гасіння вуглекислим газом проходить внаслідок ізоляції палаючого предмета від кисню, повітря і сильного охолодження зони горіння.

Вуглекислий сніг утворюється з рідкої вуглекислоти внаслідок розширення її при виході з балона.

При випаровуванні об'єм рідкої вуглекислоти збільшується в 400 – 600 раз, а вихідна температура її досягає -80°C .

Вуглекислий газ рекомендується використовувати для гасіння пожеж в замкнених об'ємах, електроустановок (гасіння стенда).

Горіння закінчується при наявності в повітрі по об'єму 15-30% CO_2 (в залежності від паливної речовини). Першим засобом пожежогасіння є ручні вогнегасники типу ОУ-5, ОУ-8.

Порошковидні речовини застосовують для гасіння магнію, електроустановок (стенда), газового вогнища, алюмо-органічних сполук.

Механізм гасіння порошковидними речовинами полягає в ізоляції палаючих матеріалів від доступу до них повітря чи ізоляційних парів і газів зони горіння.

Найбільш розповсюдженні для гасіння одержали такі речовини ПС-1, ПС-2, СИ-1, СИ-2, СИ-КВ, в які входять кальцинована сода, стеарат алюмінію, стеарат феруму чи магнію, стеаринова кислота, графіт тощо.

Нашою промисловістю випускаються ручні порошкові вогнегасники ОПС-6, ОПС-10, а також портативний вогнегасник ОП-1 “Спутник”.

5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Одним з основних завдань є підвищення стійкості роботи об'єктів народного господарства в воєнний час.

Для цього на кожному об'єкті народного господарства завчасно організовується і проводиться великий об'єм робіт, які спрямовані на підвищення стійкості його роботи в умовах ракетно-ядерної війни.

До них відносяться інженерно-технічні, технологічні і організаційні міроприємства.

Інженерно-технічними міроприємствами забезпечується підвищення стійкості промислових будівель, споруд, обладнання і комунікацій підприємств до дії вражаючих факторів ядерної зброї.

Технологічними міроприємствами здійснюється підвищення стійкості шляхом зміни технологічного режиму, який виключає можливість виникнення вторинних вражаючих факторів, викликаних вражаючими факторами ядерного вибуху.

Організаційними міроприємствами передбачається завчасна розробка і планування дій особистого складу штабу, служб і формувань ЦО об'єкту в умовах застосування противником зброї масового враження.

Зі всього комплексу міроприємств, що підвищують стійку роботу об'єктів народного господарства в воєнний час, особливо важливе значення має проведення інженерно-технічних міроприємств. Їх значення видно з наступного прикладу.

Об'єм і характер проведення інженерно-технічних міроприємств залежать від важливості об'єкту, його місцезнаходження, щільності забудівлі і розмірів території, а також чисельності робітників.

Об'єкти народного господарства відрізняються по своєму призначенню, характеру виробничого процесу і умовах розміщення.

Тому на кожному об'єкті господарства проведення інженерно-технічних міроприємств передбачається виходячи з конкретних умов. Але

деякі інженерно-технічні міроприємства є загальними і повинні проводитися на всіх об'єктах.

До таких міроприємств відносяться:

- забезпечення захисту робітників і службовців від зброї масового враження;
- підвищення стійкості управління ЦО об'єкту;
- підвищення стійкості будівель і споруд;
- захист цінного і унікального обладнання;
- підвищення стійкості постачання електроенергією, газом, парою, водою і роботи сіток комунального господарства;
- захист об'єктів від пожеж і інших вторинних факторів ураження⁴
- підвищення стійкості матеріально-технічного обладнання;
- підготовка до відновлення порушеного виробництва.

5.5 Підвищення стійкості управління ЦО об'єкту

Управління складає основу діяльності начальника ЦО об'єкту і його штабу і полягає в здійсненні постійного керівництва робітниками і службовцями, формуванням ЦО об'єкту на всіх етапах ведення громадянської оборони.

Для підвищення стійкості управління в умовах воєнного часу на об'єкті народного господарства повинна бути розроблена схема оповіщення і зв'язку, яка є складовою частиною загального плану ЦО об'єкту.

На важливих об'єктах народного господарства при загрозі нападу створюються дві групи управління: одна безпосередньо на підприємстві, а інша в заміській зоні.

5.6 Підвищення стійкості будівель і споруд

Зруйнування виробничих будівель в більшості випадків веде до поломок станкового обладнання і вихід із строю комунікацій. Особливо чутливі до дії ядерного вибуху різноманітні прилади і електронна техніка.

Стійкість будівель і споруд від ядерних вибухів досягається підвищенням їх механічної міцності і вогнетривкості. Підвищення механічної міцності будівель і споруд, які будуються, досягається відповідним їх плануванням, а також використанням більш стійких конструкцій і матеріалів.

5.7 Вплив електромагнітного імпульсу на народно-господарські об'єкти і міри захисту

Ядерний вибух супроводжується електромагнітним випромінюванням у вигляді короткого імпульсу, який вражає головним чином електричну та електронну апаратуру.

Електромагнітні імпульси виникають в основному в результаті взаємодії гамма-випромінювання з атомами навколишнього середовища.

На утворення електромагнітного імпульсу використовується невелика кількість ядерної енергії, але він здатен викликати високі імпульси струмів та напруг в кабелях повітряних і підземних ліній зв'язку, сигналізації, управління, електропередачі, в антенах радіостанцій.

Вплив ЕМІ може привести до згорання чутливих електронних та електричних елементів, зв'язаних з великими антенами чи відкритими дротами. а також до порушень в числових та контрольних пристроях. Вплив електромагнітного імпульсу необхідно враховувати для всіх електричних та електронних систем. Для найбільш важливих приладів треба використовувати міри захисту і підвищувати їх стійкість до електромагнітного імпульсу.

Особливістю ЕМІ, як вражаючого фактору є його здатність розповсюджуватись на десятки і сотні кілометрів в оточуючому середовищі. Тому ЕМІ може вплинути своєю дією на об'єкти, там де вибухова хвиля, світлове випромінювання, проникаюча радіація втрачають своє значення, як вражаючі фактори.

При наземних та низьких повітряних вибухах в лініях зв'язку та електрозабезпечення виникають напруги, які можуть викликати пробій ізоляції провідників та кабелів відносно землі, пробій ізоляції елементів приладів підключених до повітряних і підземних ліній.

Степінь враження залежить від наведеного імпульсу напруги чи струму і також електричної міцності обладнання.

Найбільш піддані впливу ЕМІ системи зв'язку, сигналізації, управління. Використані в цих системах кабелі та апаратура мають обмежену електричну міцність не більше 10кВ імпульсної напруги, тоді як наведені імпульси напруги від ЕМІ можуть перевищувати ці значення. Найбільш піддана впливу ЕМІ радіоелектронна апаратура виконана на напівпровідниках та інтегральних схемах, працюючих на малих струмах і напругах, і значить відчутних до впливу зовнішніх електричних і магнітних кіл. ЕМІ пробиває ізоляцію, спалює елементи електричних схем радіоапаратури, викликає коротке замикання в радіопристроях, іонізацію діелектриків, змінює або повністю стирає магнітний запис.

Встановлено, що при дії електромагнітного імпульсу на апаратуру найбільша напруга наводиться на вході. В транзисторах відбувається така залежність: чим більший коефіцієнт підсилення транзистора, тим менша його електрична міцність.

ЕМІ пошкоджує також резистори, викликає іскріння в їх міжконтактних з'єднаннях і деяких областях провідної поверхні.

Найбільшу небезпеку ЕМІ представляє для апаратури, яка встановлена в особливо міцних спорудах, які витримують великі тиски

ударної хвилі. В цих спорудах апаратура не виходить з ладу від механічних пошкоджень, але ЕМІ може вивести з ладу всю незахищену апаратуру системи зв'язку, сигналізації і керування. Найбільших значень досягають напруги, які наводяться між кабелем і землею. Напруженість електромагнітного поля всередині споруди в деяких випадках недостатня для того, щоб вивести з ладу апаратуру, але такі поля взмозі викликати короткочасний збій роботи радіотехнічних пристроїв.

6 ЕКОЛОГІЯ

6.1 Опис умов виробництва

Головними причинами, що призвели до загрожуючого стану довкілля, є: застаріла технологія виробництва та обладнання, висока енергомісткість та матеріаломісткість, що перевищують у два – три рази відповідні показники розвинутих країн; високий рівень концентрації промислових об'єктів; несприятлива структура промислового виробництва з високою концентрацією екологічно небезпечних виробництв; відсутність належних природоохоронних систем (очисних споруд, оборотних систем водозабезпечення тощо), низький рівень експлуатації існуючих природоохоронних об'єктів; відсутність належного правового та економічного механізмів, які стимулювали б розвиток екологічно безпечних технологій та природоохоронних систем; відсутність належного контролю за охороною довкілля.

Відходи, які залишаються після виробництва, надають згубний вплив на навколишнє нас середовище.

Одним з критеріїв небезпеки є оцінка рівня запахів. На атмосферне повітря припадає більше 70 % всіх шкідливих впливів виробництва.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони та повітрі населених місць не повинен перевищувати встановлених ГДК.

З появою машин вплив на природу антропогенних факторів різко зріс. Внаслідок цього відновлюваний потенціал природи став меншим дій суспільства на неї, що викликало початок необоротної зміни навколишнього середовища.

Розвиток науки і техніки, який ми називаємо науково-технічним прогресом, грозить нам:

- отруєнням повітря, води і ґрунту відходами промисловості і сільського господарства;

- гострим браком чистої води, а може і кисню;
 - браком продуктів харчування внаслідок перенаселення планети і ерозії ґрунтів;
 - виснаженням мінеральних ресурсів і енергетичний голод;
 - порушенням біологічної і кліматичної рівноваги.
- Значимість наслідків цієї кризи є на рівні ядерних катастроф.

6. 2 Актуальність охорони навколишнього середовища

Взаємодія виробничо-господарських та природних ресурсів і процесів призвела до порушення взаємних зв'язків між елементами живої та неживої природи.

Розвиток науки і техніки, який ми називаємо науково-технічною революцією, грозить нам:

- а) отруєнням повітря, води і ґрунту відходами промислового виробництва і сільського господарства;
- б) гострим браком чистої води, а також повітря;
- в) браком продуктів харчування;
- г) виснаженням мінеральних ресурсів та енергетичним голодом;
- д) порушенням біологічної та кліматичної рівноваги.

На даний час з'явилися такі негативні наслідки:

- а) вітрова та водяна ерозія ґрунтів, утворення пустель, пилові бурі;
- б) зниження лісових насаджень, багатьох видів тварин і рослин, зменшення їх кількості;
- в) збільшення різноманітних промислових відходів;
- г) розповсюдження шкідників сільськогосподарського господарства;
- д) радіоактивне забруднення;
- г) суттєве зменшення (виснаження) непоновлюваних сировинних ресурсів, палива, чистої води, металів, будівельних матеріалів;
- є) теплове забруднення та кліматичні катаклізми.

З вищевказано витікає об'єктивна необхідність вивчення явищ та закономірностей взаємодією людини з навколишнім середовищем. Ця проблема і вирішується наукою, яка має назву «Екологія».

Аналогічна ситуація і при використанні кольорових металів, кабельної продукції, виробів радіоелектроніки.

Основне забруднення атмосфери дають:

- а) промисловість (чорна та кольорова металургія, добування нафти, нафтохімія, хімічна промисловість) – 30%;
- б) автотранспорт – 40%;
- в) теплоенергетики – 30%.

Найбільш поширеними токсичними речовинами є:

- а) оксид вуглецю CO – 45% %
- б) діоксид сірки SO₂ – 18%;
- в) вуглеводні СпНп – 15%;
- г) оксид азоту NO – 10%;
- д) пил – 12%.

Джерелом забруднення також являється промислові стічні води трьох видів: побутові, поверхневі, промислові.

Побутові стічні води утворюються при експлуатації на території підприємства душових, туалетів, пралень, їдалень.

Поверхневі стічні води утворюються в результаті зливання дощовою, талою, поливочною водою, домішок, що збираються на території заводу, до яких відносяться пісок, сажа, камінь, нафтопродукти (масла, бензин).

Промислові стічні води утворюються в результаті використання води в технологічних процесах. Їх кількість, склад і концентрацію домішок визначають типом підприємства, його потужністю, видами технологічних процесів, що використовуються.

Ще одним забрудненням є промислові тверді відходи, до яких відносяться метали, картон, папір.

6.3 Заходи по охороні навколишнього середовища

В даному дипломному проекті такими заходами вважаємо:

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

- зменшення ваги заготовок для виготовлення пристрою (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.

Для спускання виробничих і господарських вод пропоную використовувати роздільну каналізацію, при якій атмосферні води видаляються окремо від господарських вод.

З метою зниження забруднення земель різними промисловими відходами проводяться такі заходи: утилізація, спалювання, захоронення на спеціальних полігонах.

Відходи, які містять частинки піску, породи і механічні домішки використовують при будівництві доріг, засипанні котлованів і кар'єрів.

6.4 Узагальнення заходів з охорони довкілля на виробництві

На нашому виробництві основними заходами охорони довкілля є зменшення ваги стенду і зменшення ваги заготовок. Забруднення атмосфери дане виробництво не спричиняє.

Значним плюсом було те, що в даному проекті є значна економія ресурсів, що є суттєвою допомогою в збереженні нашого довкілля.

Концентрація шкідливих речовин, що викидаються в атмосферу, повинна відповідати СН 245-77 та СН 369-74.

Необхідно передбачати в проектах повну переробку та утилізацію відходів виробництва: встановлювати бункера для збору дробини, переданої потім тваринницьким господарствам; встановлювати вальцьові сушарки для сушіння кормових дріжджів.

З метою зниження забрудненості стічних вод, переданих на міські очисні споруди, передбачати локальні відстійники для стічних вод від пивної дробини і кизельгуру.

Для запобігання забруднення стічних вод лужні стоки підлягають нейтралізації з наступним спуском в спеціальний колодезь.

Для зменшення скидання виробничих вод передбачати повторне використання води після охолодження сусла, гідротранспорту.

Захист від шуму слід виконувати відповідно до СНиП II-12- 77, ГОСТ 12.1.003-83.

Головними причинами, що призвели до загрожуючого стану довкілля, є: застаріла технологія виробництва та обладнання, висока енергомісткість та матеріаломісткість, що перевищують у два – три рази відповідні показники розвинутих країн; високий рівень концентрації промислових об'єктів; несприятлива структура промислового виробництва з високою концентрацією екологічно небезпечних виробництв; відсутність належних природоохоронних систем (очисних споруд, оборотних систем водозабезпечення тощо).

ВИСНОВКИ

Вдосконалення методів і засобів вимірювань проходить безперервно. Їх успішне освоєння і використання на виробництві вимагає знань основ технічних вимірювань, знайомства з будовою сучасних вимірювальних приладів і прийомами роботи на них.

Перетворювачі є без шкальними приладами і призначені для отримання уніфікованого сигналу про тиск (швидкості зміни тиску) рідин, газів і пару.

Малогабаритні вимірювальні перетворювачі з компенсацією магнітних потоків призначені для вимірювання навколишнього тиску (надлишкового тиску) неагресивних рідин або газоподібних засобів і його уніфікований електричний вихідний сигнал або постійного струму.

Принцип дії приладів побудований на основі перетворення пересування пружного чутливого елемента під дією вимірюючого тиску в сигнал струму з допомогою малогабаритного магнітоподуляційного перетворювача з компенсацією магнітних струмів.

Розроблений вимірювальний перетворювач, що є зразковими засобами для повірки приладів тиску, їх можна використовувати для прецизійного вимірювання тиску і перепаду тиску в системах автоматичного контролю, регулювання і керування технологічними процесами.

У розділі основи наукових досліджень та матмоделювання досліджено динаміку важеля при раптовій зміні тиску. Для переходу від реальної системи до математичної моделі необхідно ввести систему припущень, які виключали б фактори, що незначно впливають на систему. Необхідно також задати граничні умови. Вважаємо, що пружина – працює в області пружних деформацій і повністю відповідає закону Гука. Тертя в шарнірному кріпленні відсутнє, або настільки незначне, що враховувати його вплив недоцільно. Важіль в процесі роботи не деформується, має постійну густину. Зміна тиску

відбувається моментально, так що перехідний процес можна не враховувати. Площа контакту потоку повітря з робочого сопла U і поверхні важеля постійно рівна .

Проведений техніко-економічний аналіз виготовлення та експлуатації нового станду для контролю середнього діаметру зовнішньої різьби деталей з розробкою елементів мікропроцесорної системи управління цим процесом, проектування завантажувального, транспортуючого пристроїв, компоновка вимірювальної позиції та узгодження взаємодії всіх функціональних блоків робочого циклу, можна зробити наступні висновки.

Економічний ефект при експлуатації станду досягається за рахунок суттєвого зменшення затрат на ремонт нового станду, а також підвищення продуктивності нового станду, що досягається використанням комп'ютерної техніки і більшої стандизації процесу вимірювання.

У розділі охорона праці проведено розрахунок освітлення станда для перевірки зразкових манометрів. Світло має велике значення для роботи і збереження здоров'я людини, оскільки діє на органи зору, а через них на центральну нервову систему. Раціональне освітлення виробничих приміщень відіграє суттєву роль у створенні сприятливих та безпечних умов праці.

Виробниче освітлення, правильно спроектоване і виконане, призначено для рішення слідуючих питань: воно поліпшує умови зорової роботи, знижує втомність, сприяє збільшенню продуктивності праці; добре впливає на виробниче середовище, здійснюючи позитивну психологічну дію на працівника; підвищує безпеку праці і знижує травматизми на виробництві.

Вплив електромагнітного імпульсу на народно-господарські об'єкти і міри захисту від нього є важливими заходами безпеки життєдіяльності. Таким чином ЕМІ ефективно вражає електрорадіотехнічні пристрої, тому при вирішенні задачі підвищення стійкості роботи об'єктів важливо правильно оцінити імовірність пошкодження електротехнічних систем в результаті дії ЕМІ, і знайти шляхи боротьби з наслідками такого впливу.

Низький рівень експлуатації існуючих природоохоронних об'єктів значним чином впливає на проблеми екології. Відсутність належного правового та економічного механізмів, які стимулювали б розвиток екологічно безпечних технологій та природоохоронних систем, відсутність належного контролю за охороною довкілля розглянуто у розділі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Промышленные приборы и средства автоматизации. Справочник / под редакцией Черенкова В.В. М : «Машиностроение» 1987 г-864 с
- 2 Анурьев В.Н. Справочник конструктора-машиностроителя. Т.1. М : «Машиностроение» 1982 г-443 с
- 3 Анурьев В.Н. Справочник конструктора-машиностроителя. Т.3. М : «Машиностроение» 1982 г-559 с.
- 4 Справочник конструктора точного приборостроения. Г.А. Веркович, Е.Н. Головецкий и 109р.. –Л.: Машиностроение, 1989, -792 с.
- 5 Справочник материалов: 109ед.109ь для вузов 109ед. общ. 109ед.. 109ед.109. АНУССР Г.С. Писаренко –4-е 109ед. Перераб и доп. –Киев: Вища школа: Главное 109ед.-во, 1979 –696с.
- 6 Измерительные преобразователи. Е.С. Полищук –Киев: Вища школа, 1981. –296с.
- 7 Закалик Л.І., Ткачук Р.А. Основи мікроелектроніки: Навчальний посібник.- Тернопіль: ТДТУ 109ед. І. Пулюя, 1998.- 352 с.
- 8 Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах.- Л.: Энергоатомиздат, 1988.-304 с.
- 9 Вуколов Н.И., Михайлов А.Н. Знакосинтезирующие индикаторы : Справочник / Под 109ед.. В.В. Балашова.- М.: Радио и 109ед.109ь, 1985. -576 с.
- 10 Шило В.Л. Популярные Цифрове микросхемы.-М.: Металлургия, 1988.- 352 с.
- 11 Проектирование тензодатчиков для измерения механических величин. Под.. 109ед.. Е.П. Осадчего. М: машиностроение, 1979, -480с.
- 12 Эрлер В., Вальтер Л. Электрические измерения неэлектрических величин тензорезисторами. –М: Машиностроение, 1979, -280с.
- 13 Клокова Н.П. Тензодатчики для экспериментальных исследований. –М: Машиностроение, 1972, -236с.

14 Охрана труда в машиностроении /Под. Ред. Е.Я. Юдина/. -М: Машиностроение, 1983, -340с.

15 Справочник по охране труда на промышленном предприятии. –Киев: Техника, 1991 -284 с.