

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8

"Вимірювання деталей на великому проекторі. Дослідження похибки непрямого методу вимірювання"

5.1 Мета і завдання

Практичне ознайомлення з операціями вимірювання та контролю. Вивчення конструкції і набуття навиків вимірювання та контролю на великому проекторі моделі БП.

Виконання безконтактних вимірювань прямим та непрямим методами. Дослідження точності результатів при вимірюванні непрямим методом. Складання алгоритму і програми обчислень на ЕОМ похибки непрямого методу вимірювання.

5.2 Основні теоретичні положення

Основи технічні вимірювань, зокрема, поняття операцій вимірювання та контролю, методів вимірювання і, класифікації засобів вимірювання, розглядаються в розділі 1,[2].

5.2.1 Дослідження похибки результатів вимірювання при непрямому методі вимірювання

У багатьох випадках величина, яку необхідно визначити, не може бути виміряна безпосередньо через незручність або відсутність реальних вимірювальних баз, наприклад, коли вимірювана величина задана бід вісі і т. ін. Як правило, така величина залежить від декількох незалежних між собою інших величин, виміряти які легко. У цьому випадку шукану величину виражають деякою функцією, в яку вимірювані безпосередньо величини входять як аргументи. Наприклад, $z=f(x,y,\dots)$, де z — шукана величина, x, y : аргументи функції.

Такий метод визначення чи вимірювання величини називається в метрології непрямим методом. Спочатку складають певну алгебраїчну залежність між шуканим-розміром деталі (функцією z) і тими розмірами, які можна виміряти прямо (аргументи x, y, \dots), вимірюють, ці величини і підставляють числові значення у виведену залежність.

При вимірюваннях непрямим методом виникає необхідність дати оцінку похибки вимірювання шуканої величини. Як правило, величини аргументів функції вимірюють прямим методом. Тому точність вимірювання величин-аргументів визначається граничною похибкою вимірювань приладу, на якому виконуються вимірювання.

Для обчислення похибки величини, отриманої непрямим методом вимірювання, тобто для оцінки похибки функції z використовують формулу середньоквадратичної похибки середньоарифметичного Z ряду результатів вимірювань непрямим методом по формулі:

$$\sigma_z = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial X}\right)^2 \cdot \sigma_X^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial Y}\right)^2 \cdot \sigma_Y^2 + \dots}$$

де $\frac{\partial z}{\partial X}, \frac{\partial z}{\partial Y}$ частинні похідні функції z , числові значення яких можна обчислити, підставляючи середньоарифметичні значення X, Y, \dots , визначені за результатами повторних вимірювань аргументів x, y, \dots по формулах (5.2),

σ_z - середньоквадратичні похибки середньоарифметичних величин X, Y, \dots :

В практиці вимірювань деталей визначають середньоарифметичну величину кожного розміру по результатах повторних вимірювань.

Розглянемо, наприклад, середньоарифметичне значення X незалежної змінної x як функцію декількох змінних x_1, x_2, \dots, x_i :

$$X = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_i}{N} = \frac{x_1}{N} + \frac{x_2}{N} + \dots + \frac{x_i}{N} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{N}$$

де x_1, x_2, \dots, x_i :- результати повторних вимірювань аргументу x ,
 N - число повторних вимірювань.

Аналогічно можна представити і визначити середньоарифметичні значення аргументу Y і інших, які входять у функцію Z .

Кожен ряд (5.2) в цілому і кожен член ряду зокрема можна характеризувати квадратичною похибкою $\sigma_x, \sigma_y, \dots$. Отже, можна обчислити середньоквадратичні відхилення $\sigma_x, \sigma_y, \dots$ середньоарифметичних величин X, Y, \dots використавши (5.1):

$$\sigma_X = \sqrt{\left(\frac{\partial X}{\partial x_1}\right)^2 \cdot \sigma_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial X}{\partial x_2}\right)^2 \cdot \sigma_{x_2}^2 + \dots,}$$

$$\sigma_Y = \sqrt{\left(\frac{\partial Y}{\partial y_1}\right)^2 \cdot \sigma_{y_1}^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial y_2}\right)^2 \cdot \sigma_{y_2}^2 + \dots} \text{ і т.д.}$$

де $\frac{\partial X}{\partial x_1}, \frac{\partial X}{\partial x_2}, \frac{\partial Y}{\partial y_1}, \frac{\partial Y}{\partial y_2}$ - частинні похідні функцій X, Y , відповідно, які дорівнюють (див. 5.2)

$$\frac{\partial X}{\partial x_1} = \frac{1}{N}, \quad \frac{\partial X}{\partial x_2} = \frac{1}{N}, \dots$$

$$\frac{\partial Y}{\partial y_1} = \frac{1}{N}, \quad \frac{\partial Y}{\partial y_2} = \frac{1}{N}, \dots$$

σ_x, σ_y - середньоквадратичні відхилення вимірюваних величин x, y, \dots , які можна визначити по формулах (5,7).

Підставляючи значення (5.4) у вирази (5.3), отримаємо:

$$\sigma_X = \sqrt{N \left[\left(\frac{1}{N} \right)^2 \cdot \sigma_x^2 \right]} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}}$$

$$\sigma_Y = \sqrt{N \left[\left(\frac{1}{N} \right)^2 \cdot \sigma_y^2 \right]} = \frac{\sigma_y}{\sqrt{N}}$$

Із формул (5.5) видно, що із збільшенням числа повторних вимірювань середньоквадратичні похибки, які характеризують точність середньоарифметичних X, Y, \dots , будуть зменшуватися, тобто $\sigma_X \rightarrow 0, \sigma_Y \rightarrow 0, \dots$ при $N \rightarrow \infty$

Середньоквадратичні відхилення $\sigma_x (\sigma_y, \dots)$ вимірюваних випадкових величин $x (y, \dots)$, визначаються в теорії ймовірності при законі нормального розподілу за формулою:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X)^2 \cdot n}{N}}$$

де n_1 – число випадків появи величини x_i .

У розглядуваному випадку, коли величини x_1, x_2, \dots, x_i з результатами повторних вимірювань, число $n_1=1$. Тому можна записати:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X)^2}{N}}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y)^2}{N}}$$

Обчислена по формулі (5.1) середньоквадратична похибка середньоарифметичного ряду результатів вимірювання дає оцінку точності непрямого методу вимірювання шуканої величини на даному вимірювальному приладі.

5.3 Опис конструкції великого проектора

Пректорами називають оптичні прилади, які дають на екранах збільшену тінь вимірюваного виробу. Залежно від способу освітлення виробу розрізняють проектори, які працюють у прохідних променях і у відбитих променях. На машинобудівних підприємствах найчастіше використовують проектори першого типу, до яких відноситься великий проектор БП.

Великий проектор БП використовують для вимірювання та контролю

лінійних і кутових розмірів невеликих виробів із складним контуром кулачків, пуансонів, матриць, інструментів із фасонними лезами, дрібно модульних зубчатих коліс.

Вимірювання на великому проекторі виконується безконтактним методом, прямим або непрямим методами залежно від конструкції вимірюваної деталі, поелементно або комплексно залежно від складності контуру деталі.

Контроль виробів виконується шляхом порівняння тіні деталі з кресленням контуру деталі, виконаним у масштабі, який дорівнює збільшенню поля зору проектора.

Великий проектор БП, який зображено на рисунку 5.1, складається з таких основних частин: стояка 1, вимірювального стола 4, освітлювача 3, екрана 11.

Стояк 1, вилитий із чавуну, є основною несучою частиною проектора. Тіло стояка є порожистим. Посередині висоти стояка передбачено масивний кронштейн із отвором великого діаметра, в якому є різьба з прямокутним профілем. По цій різьбі монтується і переміщається вверх або вниз вимірювальний стіл 4. Частина оптичної системи приладу розміщена над предметним столом всередині порожнини стояка, зокрема, головне дзеркало і поворотна призма.

Вимірювальний стіл 4 приладу має поздовжню і поперечну каретки, на напрямних яких при допомозі мікрогвинтів 7 і 8 можна переміщати предметний стіл 5 у двох взаємно перпендикулярних напрямках з метою вимірювання лінійних розмірів.

Мікрогвинти 7 і 8 мають шкали з ціною поділки 0,005 мм (границі вимірювання 0 - 25 мм). Шляхом встановлення міри довжини відповідного розміру між кінцем мікрогвинта 7 і вимірювальним упором на (столі) границі вимірювання у поздовжньому напрямі можуть бути збільшенні до 150 мм. Границі вимірювання у поперечному напрямі мікрогвинтом 8 можна збільшити до 50 мм аналогічно.

Вимірювальний стіл має круглу поворотну частину із скляною пластиною - так званий предметний столик 5. На цей столик виставляють вимірювану деталь при тіньовому способі вимірювання в прохідних-променях від освітлювача. Столик 5 можна крутити маховиком 6. Цей поворот використовується для вимірювання кутів в межах від 0 до 360°. Кут повороту визначається по шкалі 9, яка має шкалу-ноніус із величиною відліку 3 .

Перед вимірюванням проводять фокусування проектора (установлення на різкість зображення). Фокусування виконується штурвалом 10 зміною віддалі між виробом і об'єктивом приладу при допомозі переміщень колони стола 4 відносно різьбового отвору стояка 1. Положення стола фіксується

гальмом 12.

Освітлювач 3 винесений за межі стояка і стола проектора, що покращує умови охолодження. Він складається із труби, в яку монтується оптична система освітлення і оправа з лампою. Труба освітлювача монтується в отвір вимірювального стола 4, і спрямовує 1 промені на поворотну призму і головне дзеркало стояка.

Екран 11 проектора розташований на рівні стола 4 і кріпиться на кронштейні стояка 1 в горизонтальному положенні. На поверхні екрана, яка покрита білою емаллю, нанесені штрихами координатні осі. Осі координат екрана 11 служать базами при виконанні вимірювань безконтактним методом. Переміщення предметного стола з об'єктом вимірювання мікрोगвинтами 7 і 8, має викликати ковзання тіні деталі паралельно до відповідних осей.

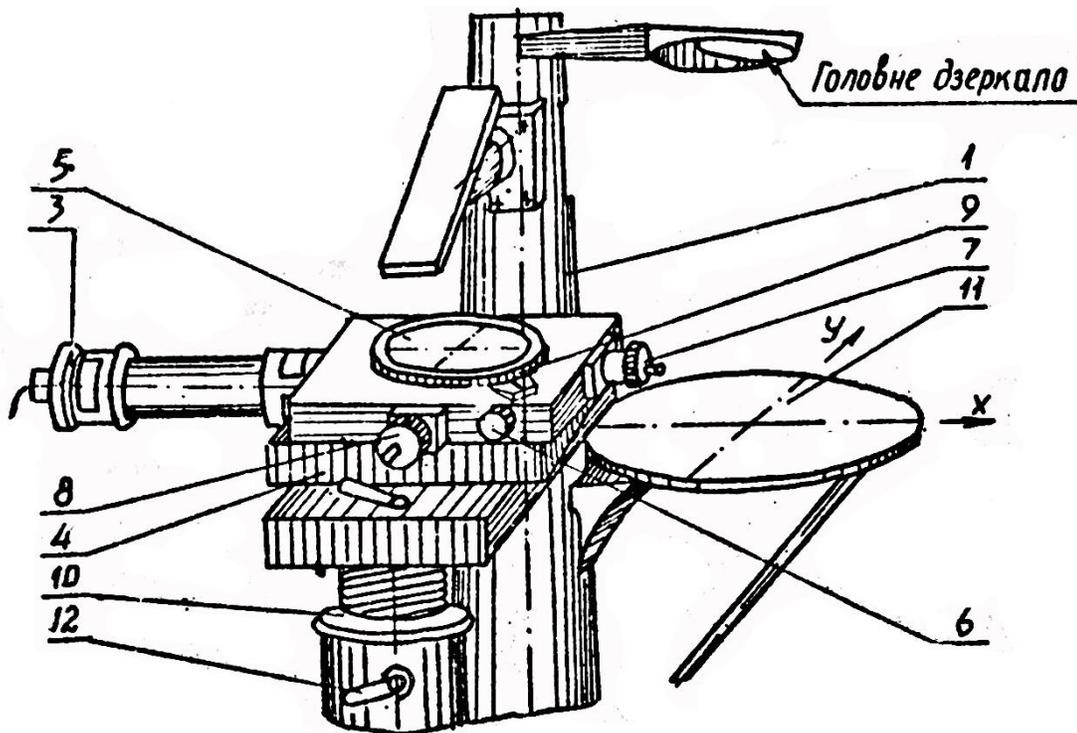


Рисунок 5.1 - Великий проектор БП

Оптична схема проектора складається з двох частин (освітлювальної і проєкційної) і представлена на рисунку 5.2)

Світло від лампи 1 проходить через лінзи постійного конденсора 2, через теплоізолююче скло і, через лінзи змінного конденсора 4, в систему якого входить регулююча діафрагма. Промені від змінного конденсора, спрямовані паралельним пучком, відбиваються дзеркалом 5 і потрапляють знизу на скло

предметного стола, на яке встановлюється вимірювана деталь. Далі промені, відбившись від дзеркала 7, направляються в проекційну частину оптичної схеми, в склад якої входить об'єктив проектора 8, призма 9 і головне дзеркало 10. Головне дзеркало спрямовує промені на екран 11. Об'єктив 9 є змінним: можна встановлювати об'єктиви із збільшенням 10х, 20х або 50х. Кожному об'єктиву відповідає свій змінний конденсор 4, який забезпечує рівномірне освітлення поля зору об'єктива.

Основні технічні характеристики проектора БП: збільшення в полі зору екрана - 10х, 20х, 50х; ціна поділки мікрометричних шкал мікрометричних, гвинтів - 25 мкм; границі вимірювань приладу; вздовж осі X - 150 мм, вздовж осі Y - 50 мм; граничні переміщення стола приладу вздовж осі Z - 100 мм; ціна поділки шкали предметного стола - ; границі вимірювання кутів на шкалі предметного стола - 0...360°; гранична похибка мікрометричних гвинтів при прямому методі вимірювання $\pm 0,003$ мм

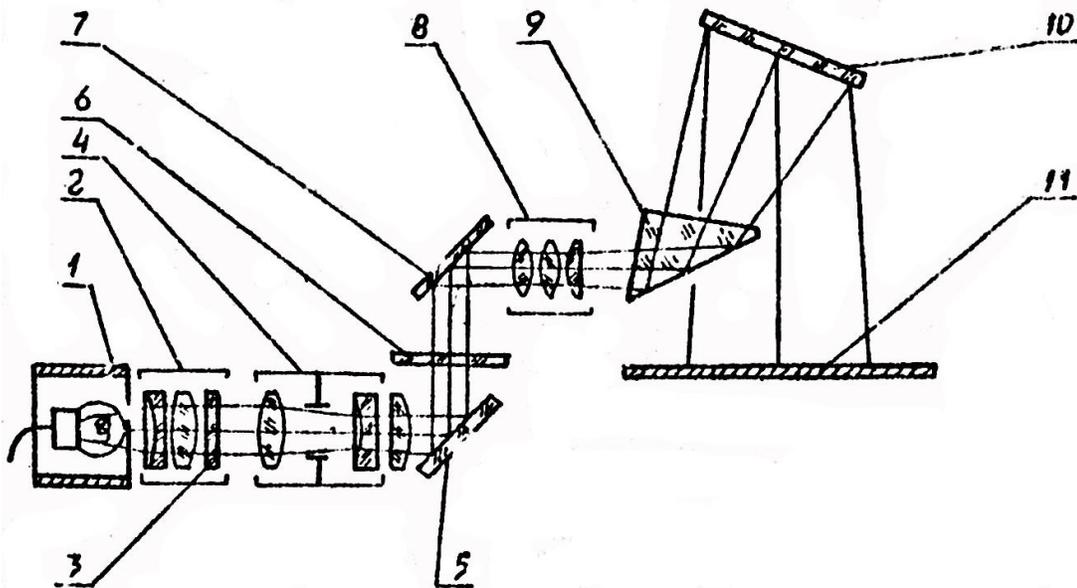


Рисунок 5.2 - Оптична схема великою проектора БП