

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни

**«Контрольно-діагностичні системи верстатів з ЧПУ та в
машинобудуванні»**

для здобувачів освіти за другим (магістерським) рівнем вищої
освіти, спеціальності:
G11 Машинобудування, усіх освітніх програм та форм навчання

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Контрольно-діагностичні системи верстатів з ЧПУ та в машинобудуванні» для здобувачів освіти за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, спеціальності: G11 Машинобудування, усіх освітніх програм та форм навчання/ Укл.: С.В. Танченко., М.В. Фролов – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 19 с.

Укладачі: С.В. Танченко, ст. викладач
М.В. Фролов, доцент, к.т.н.

Рецензенти: В.В. Солоха, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск: Загородній В.П., зав. лаб.

Затверджено на засіданні кафедри
“Металорізальні верстати та інструмент”
Протокол № 1.
від “21” __08__ 2025

Рекомендовано
до видання НМК
Машинобудівного факультету
Протокол № 1.
від “26” __08__ 2025

ЗМІСТ

С.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 ВИБІР 3D КВМ ДЛЯ ЗАДАНОЇ ДЕТАЛІ. КРИТЕРІЇ ВИБОРУ 3D КВМ	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТІ ТА ОБМІР ДЕТАЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ РУКИ ТА 3D СКАНЕРА	11

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ВИБІР 3D КВМ ДЛЯ ЗАДАНОЇ ДЕТАЛІ. КРИТЕРІЇ ВИБОРУ 3D КВМ

1.1 МЕТА РОБОТИ

Ознайомлення з алгоритмом оптимального вибору тривимірної координатно-вимірювальної машини (3D КВМ) на основі техніко-метрологічних, економічних і експлуатаційних критеріїв.

1.2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомлення з теоретичними відомостями.
2. Складання вимог до 3D КВМ на основі аналізу точності розмірів, ваги та геометричних параметрів деталі вказаної в варіанті (табл. 1.3).
3. Складання трьох комерційних пропозицій виходячи з вимог до КВМ.
4. Обчислення безрозмірних коефіцієнтів порівняння та внесення їх в таблицю.
5. Визначення вагових коефіцієнтів методом парних порівнянь.
6. Складання матриці вибору.
7. Вибір оптимальної пропозиції.
8. Оформлення результатів та висновків.

1.3 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

3D координатно-вимірювальні машини (КВМ) — це високоточні вимірювальні системи, призначені для визначення геометричних параметрів деталей у тривимірному просторі. Вони широко застосовуються у машинобудуванні, авіаційній, автомобільній, енергетичній та медичній галузях для контролю точності виготовлення складних корпусних деталей.

Зі зростанням номенклатури обладнання вибір оптимальної 3D КВМ потребує системного підходу.

Сучасне виробництво прецизійних корпусних деталей потребує доступного та достовірного 3D метрологічного контролю для повсякденного використання у:

- механічних цехах;

- підрозділах контролю якості;
- збиральних діляницях;
- діляницях вхідного контролю продукції за кооперацією.

Алгоритм, запропонований у джерелі [1] дозволяє об'єктивно порівняти конкурентні пропозиції різних виробників на основі кількісних показників і вагових коефіцієнтів.

Основні критерії оптимізації 3D КВМ

1. Робочі переміщення по осях (X, Y, Z) в [мм] – визначають максимальні розміри деталей, які можна виміряти.

Показники переміщень X, Y та Z розглядаються як три окремі головні критерії оптимізації, поміж яких найважливішим показником є вертикальна вісь Z (положення вертикальної вимірювальної колони 3D КВМ найбільшою мірою обмежує можливості вимірювань габаритних деталей) та поздовжнє переміщення за віссю X, обмежене мостовими опорами. Поперечна вісь Y найменш важлива, оскільки є можливість незначного консольного розміщення вимірюваної деталі за межами робочого столу.

2. Просторова діагональ (L) – характеризує габарити робочої зони. Обчислюється за формулою (1.1):

$$L = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}, \quad (1.1)$$

де X, Y, Z – довжина робочих переміщень за відповідними осями в [мм].

3. Тип переміщення робочих органів машини. Оцінка даного критерію визначається умовними величинами 1 або 0: автоматизоване (1) або ручне (0). Автоматичні системи точніші, але дорожчі.

4. Похибка вимірювань (G) в [мкм]. Зазвичай паспортні похибки 3D КВМ мають вигляд лінійної функції яка обчислюється за формулою (1.2):

$$G = g + L/k, \quad (1.2)$$

де g — базова похибка в [мкм],
 k — коефіцієнт точності,
 L — просторова діагональ.

Базова похибку g та коефіцієнт k визначають за каталогами виробників 3D KBM.

5. Тип програмного забезпечення (S). Оцінка даного критерію визначається умовними величинами 1 або 0: інтуїтивне (1) або традиційне (0). Інтуїтивне ПЗ спрощує навчання операторів.

6. Співвідношення цін (R) – визначається з співвідношення по формулі (1.3):

$$R=(R_o\pm R_i)/R_o, \quad (1.3)$$

де R — співвідношення цін,

R_o — лімітна ціна замовника,

R_i — ціна конкурентної пропозиції.

Знак «+» у випадку, коли лімітна ціна замовника R_o вища ніж ціна конкурентної пропозиції R_i ; знак «-» у випадку, коли лімітна ціна замовника R_o менша ніж ціна конкурентної пропозиції R_i .

7. Витрати на обслуговування (r) – визначаються за формулою (1.4):

$$r=(r_o\pm r_i)/r_o, \quad (1.4)$$

де r — витрати на обслуговування,

r_o — ліміт очікуваних витрат,

r_i — комерційна пропозиція очікуваних витрат.

Знак «+» у випадку, коли ліміт очікуваних витрат r_o замовника вищий ніж конкурентна комерційна пропозиція очікуваних витрат (r_i); знак «-» у випадку, коли ліміт очікуваних витрат r_o замовника менший ніж конкурентна комерційна пропозиція очікуваних витрат (r_i)

8. Навантаження на стіл (M) в [кг] – допустима маса деталі, яка може бути виміряна.

Розглянуті критерії оптимізації заносяться в таблицю 1.1 та порівнюються з вимогами замовника за вказаними в таблиці співвідношеннями.

Таблиця 1.1 - Критерії оптимізації для конкурентних пропозицій

№	Критерій оптимізації	Вимоги замовника	Пропозиція №1		Пропозиція №2		Пропозиція №3	
Q ₁	Переміщення (X)	X ₀	X ₁	$Q_{1,1} = \frac{X_1}{X_0}$	X ₂	$Q_{2,1} = \frac{X_2}{X_0}$	X ₃	$Q_{3,1} = \frac{X_3}{X_0}$
Q ₂	Переміщення (Y)	Y ₀	Y ₁	$Q_{1,2} = \frac{Y_1}{Y_0}$	Y ₂	$Q_{2,2} = \frac{Y_2}{Y_0}$	Y ₃	$Q_{3,2} = \frac{Y_3}{Y_0}$
Q ₃	Переміщення (Z)	Z ₀	Z ₁	$Q_{1,3} = \frac{Z_1}{Z_0}$	Z ₂	$Q_{2,3} = \frac{Z_2}{Z_0}$	Z ₃	$Q_{3,3} = \frac{Z_3}{Z_0}$
Q ₄	Переміщення (L)	L ₀	L ₁	$Q_{1,4} = \frac{L_1}{L_0}$	L ₂	$Q_{2,4} = \frac{L_2}{L_0}$	L ₃	$Q_{3,4} = \frac{L_3}{L_0}$
Q ₅	Автоматизація переміщення (P/A)	P/A	P/A	Q _{1,5} =0/1	P/A	Q _{2,5} =0/1	P/A	Q _{3,5} =0/1
Q ₆	Похибка переміщення (G)	G ₀	G ₁	$Q_{1,6} = \frac{G_0}{G_1}$	G ₂	$Q_{2,6} = \frac{G_0}{G_2}$	G ₃	$Q_{3,6} = \frac{G_0}{G_3}$
Q ₇	Навантаження на стіл (M)	M ₀	M ₁	$Q_{1,7} = \frac{M_1}{M_0}$	M ₂	$Q_{2,7} = \frac{M_2}{M_0}$	M ₃	$Q_{3,7} = \frac{M_3}{M_0}$
Q ₈	Складність ПЗ (I/T)	I/T	I/T	Q _{1,8} =1/0	I/T	Q _{2,8} =1/0	I/T	Q _{3,8} =1/0
Q ₉	Ціна 3D KBM (R)	R ₀	R ₁	$Q_{1,9} = \frac{R_0 - R_1}{R_0}$	R ₂	$Q_{2,9} = \frac{R_0 - R_2}{R_0}$	R ₃	$Q_{1,9} = \frac{R_0 - R_3}{R_0}$
Q ₁₀	Вартість щорічних послуг (r)	r ₀	r ₁	$Q_{1,10} = \frac{r_0 - r_1}{r_0}$	r ₂	$Q_{1,10} = \frac{r_0 - r_2}{r_0}$	r ₃	$Q_{1,10} = \frac{r_0 - r_3}{r_0}$

У відповідності з теорією оптимізації може існувати тільки один критерій оптимізації. Оскільки техніко-економічних показників за якими відбувається вибір декілька, то їх необхідно привести до 1 критерію. Для цього необхідно визначити ступінь важливості кожного з них, що може бути зроблено за допомогою вагових коефіцієнтів, які також демонструють пріоритет замовника.

Один з методів з методів визначення вагових коефіцієнтів є метод парних порівнянь з використанням матриці Бежа (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Матриця Бежа (приклад)

Ваговий коефіцієнт	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	Q ₉	Q ₁₀	Σ	a _i
Q ₁	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	23	0,16
Q ₂	0	1	0	2	2	0	2	2	2	2	17	0,12
Q ₃	0	2	1	2	2	0	2	2	2	2	19	0,14
Q ₄	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	9	0,07
Q ₅	0	0	0	2	1	0	2	2	2	2	15	0,10
Q ₆	0	2	2	2	2	1	2	2	2	2	21	0,15
Q ₇	0	0	0	2	0	0	1	2	2	2	13	0,09
Q ₈	0	0	0	2	0	0	0	1	2	2	11	0,08
Q ₉	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	7	0,05
Q ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0,04
											140	1

Якщо критерії в рядку більш важливі ніж в критерії в стовбці, відповідно ставить 2, якщо критерії рівнозначні ставить 1, якщо менш важливі ставить 0.

$$a_i = \frac{\sum_{j=1}^N \lambda_{ij}^+}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_{ij}^+}, \quad (1.5)$$

де a_i – ваговий коефіцієнт,
 λ – елемент матриці.

Далі заповнюється матриця вибору яка дозволяє узагальнити всі дані у вигляді таблиці та порівняти кілька варіантів КВМ. Кожний показник множиться на відповідний ваговий коефіцієнт за формулою (1.6), після чого підсумовується для отримання рейтингу пропозицій. **Вибір здійснюється за максимальним значенням рейтингу.**

$$T_j = \sum_{i=1}^N a_i \cdot Q_{ji}, \quad (1.6)$$

де T_j – рейтинговий коефіцієнт,
 a_i – ваговий коефіцієнт,
 Q_{ji} – значення показника критерію.

Алгоритм дозволяє знизити ризик суб'єктивного вибору, скоротити час на ухвалення рішення та обґрунтувати вибір обладнання з точки зору технічної доцільності й економічної ефективності. Він може застосовуватись для:

- вибору КВМ для нових виробничих дільниць;
- оновлення лабораторного парку вимірювальної техніки;
- формування технічних завдань на закупівлю.

1.4 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які основні етапи алгоритму вибору 3D КВМ?
2. Які фактори впливають на точність вимірювань?
4. Як визначається рейтинг варіантів у матриці вибору?
5. Які переваги має інтуїтивне програмне забезпечення?
6. Чому автоматизовані системи зменшують похибку?

1.5 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт по лабораторній роботі повинен включати:

1. Таблицю з характеристиками відповідних пропозиції КВМ.
2. Розрахунок необхідних критеріїв оптимізації.
3. Заповнення матриці Бежа методом парних порівнянь.
4. Матрицю вибору у вигляді таблиці, для визначення рейтингу пропозиції.
5. Висновки з поясненнями отриманих результатів

Таблиця 1.3 – Варіанти до виконання лабораторної роботи

№ варіанту	Номер креслення з альбому креслень
1	00-000.06.01.01.01
2	00-000.06.01.01.03
3	00-000.06.03.03.01
4	00-000.06.04.04.09
5	00-000.06.04.04.01
6	00-000.06.07.07.08
7	00-000.06.08.08.07
8	00-000.06.09.09.18
9	00-000.06.10.10.01
10	00-000.06.13.13.01

1.6 РЕКОМЕНДОВНІ ДЖЕРЕЛА

1. Крамаренко Б., Чмуж М., Сергєєв Д. Алгоритм обрання 3D координатно-вимірювальної машини / Журнал Метрологія для підприємства. — № 02, квітень 2021. — Розділ «Вимірювання та випробування». — Доступно за: mp.techmedia.com.ua/metrolohiya-dlya-pidpriyemstva-2021-2/alhorytm-obrannya-3d-koordinatno-vymiryuvalni-mashyny.

2. Конспект лекцій з дисципліни «Управління якістю». Для здобувачів освіти зі спеціальностей: G11 Машинобудування (за спеціалізаціями) / 133 Галузеве машинобудування, G9 / 131 Прикладна механіка усіх освітніх програм та форм навчання / Укл.: М.В.Фролов, С.І. Дядя. — Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. — 153 с.

3. Грабовецький Б.Є. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання: монографія. — Вінниця: ВНТУ, 2010. — 171 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТІ ТА ОБМІР ДЕТАЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ РУКИ ТА 3D СКАНЕРА

2.1 МЕТА РОБОТИ

Ознайомлення з методами тривимірного вимірювання геометричних параметрів деталей за допомогою портативної вимірювальної руки та 3D сканера. Ознайомлення з роботою в програмному забезпеченні Autodesk PowerInspect. Набуття практичних навичок у побудові системи координат, вимірюванні геометричних елементів і побудові карт відхилень.

2.2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ.

1. Отримати індивідуальну деталь на групу з двох студентів: один студент займається створенням 3D моделі з використанням 3D сканера; другий студент займається контролем точності деталі по отриманій моделі.
2. Підготувати робоче місце: очистити поверхню, закріпити деталь та перевірити надійність закріплення.
3. Перевірити справність і калібрування вимірювальної руки.
4. Перевірити справність і калібрування сканера.
5. Провести сканування деталі та отримати 3D модель.
6. Отриману модель завантажити в PowerInspect.
7. Визначити систему координат деталі.
8. Провести вимірювання геометрії деталі.
9. Порівняти отримані деталі з геометрією 3D моделі.
10. Сформулювати автоматичний звіт вимірювань.
11. Оформити звіт лабораторної роботи та зробити висновки про точність деталі.

2.3 ОБЛАДНАННЯ, ОСНАЩЕННЯ ТА ІНСТРУМЕНТ

- деталь для вимірювання;
- пристосування для закріплення деталі;

- стіл для вимірювання;
- вимірювальна рука моделі GB05 з щупами;
- програмне забезпечення PowerInspect.

2.4 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Вимірювальна рука (portable CMM) — це переносна координатно-вимірювальна система, що дозволяє виконувати контроль геометрії безпосередньо на виробничій дільниці або лабораторному столі. Вимірювальна рука має декілька шарнірних з'єднань із кутовими енкодерами. Коли оператор торкається щупом до точки на поверхні деталі, програмне забезпечення обчислює її координати в просторі.

PowerInspect — програмне забезпечення компанії Autodesk для контролю геометричних характеристик деталей шляхом вимірювань і порівняння з CAD-моделлю.

Базова структура екрану програмного забезпечення наведена на рис. 2.1:

1. Панель швидкого доступу — використовується для виклику часто використовуваних команд.

2. Рядок заголовка — у рядку заголовка вказується поточна версія PowerInspect, ім'я поточного документа та використовувані одиниці вимірювання.

3. Довідка.

4. Стрічка — складається з декількох вкладок, на кожній з яких представлений набір програмних функцій. Вкладки містять панелі пов'язаних команд.

5. Бічна панель, верхні вкладки:

— Вкладка **Дерево послідовності** містить послідовність вимірювання. Тут визначаються об'єкти, які потрібно виміряти, а також порядок їх вимірювання.

— Команду **Виміряти** можна використовувати для моделювання та запуску послідовності вимірювання.

— Вкладка **Матмодель для завантаження** використовується для управління та видалення матмоделей, а також для перегляду відомостей про файли моделей.

— Вкладка **Машина** дозволяє переглянути та виконати калібрування вимірювального пристрою, до якого підключено

програмне забезпечення.

— Вкладка **Загальні види** дозволяє здійснювати пошук загальних видів і управління ними.

6. Бічна панель, нижні вкладки:

— Вкладка **Елементи** дозволяє переглядати вид і редагувати інформацію про об'єкти в послідовності вимірювання.

— Вкладка **Аналізатор геометрії** містить інформацію про елементи, вибрані на матмоделі за допомогою опції **Виділення каркасних елементів**.

7. Вкладки в графічній області — використовуються для перегляду моделі та результатів вимірювання. У цій області доступно кілька вкладок:

— Вкладка **Вигляд матмоделі** використовується для перегляду та управління матмоделями та даними вимірювань.

— У вкладці **Інформація** містяться параметри вибраного елемента в послідовності вимірювання.

— У вкладці **Звіт** відкривається HTML-звіт для всіх об'єктів послідовності вимірювання.

— В інших вкладках, таких як **Вид перетину**, **Динамічні точки**, **Хмара точок** відображаються відомості для певного типу об'єкта, які можна додати в послідовність вимірювання.

8. **ViewCube** — показує поточну точку перегляду для графічного вікна. Коли ви змінюєте орієнтацію виду за допомогою вкладки Вид, ViewCube автоматично повертається і відповідає точці огляду. Ви також можете використовувати ViewCube, щоб маніпулювати видом безпосередньо.

9. Панель інструментів **«Вид»** — ця панель інструментів використовується для виклику часто використовуваних команд перегляду. Щоб відобразити або приховати цю панель інструментів, клацніть вкладку «Вид» > панель «Вікно» > «Панель інструментів «Вид»».

10. Рядок стану — у рядку стану відображається інформація про базування, координати курсору в графічному вікні та стан підключення машини.

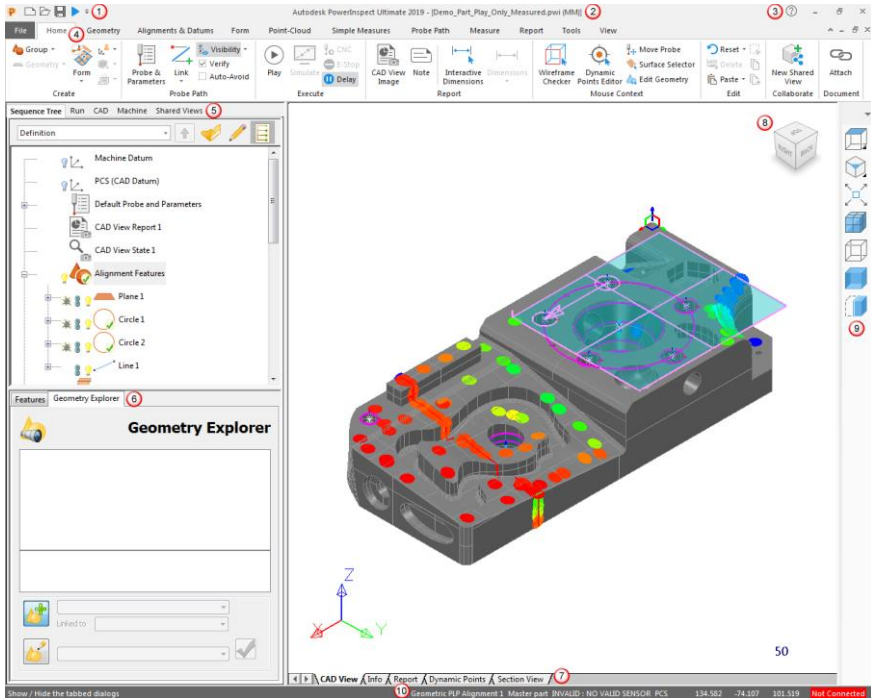


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд структури екрану програми

Початкове базування використовується для створення приблизної відповідності між системою координат машини і базою відліку СКМ (СК матмоделі) перед створенням більш точної відповідності за допомогою базування.

Для створення початкового базування можна використовувати:

- Вимірювання шести точок на деталі.
- Задання матриці перетворення для СКМ (СК матмоделі).

Якщо планується вручну вимірювати елементи в базуванні, то створення вихідного базування не потрібне. Якщо планується вимірювати елементи вирівнювання за допомогою послідовності вимірювання, необхідно створити вихідне базування, щоб PowerInspect міг знайти елементи, що використовуються базуванням.

Якщо СК матмоделі базується по СК активної деталі на верстаті, створювати вихідне базування не потрібно. Якщо системи координат не відповідають одна одній, необхідно ввести перетворення, щоб

зіставити СК матмоделі з СК активної деталі, щоб PowerInspect міг конвертувати координати траєкторії в координати активної деталі.

Якщо модель не використовується, створювати вихідне базування не потрібно. Якщо необхідне точне представлення положення шупа відносно деталі на вигляді матмоделі, необхідно встановити приблизний взаємозв'язок між СК машини і СКМ (СК матмоделі) шляхом створення вихідного базування.

Виміряйте шість точок на трьох поверхнях: три точки, щоб задати площину, дві точки, щоб визначити вісь, і одну точку, щоб визначити положення.

Правило 3-2-1 фіксує деталь у тривимірному просторі і дозволяє PowerInspect обчислити перетворення, яке конвертує координати моделі в координати машини.

Приклад послідовності створення вихідного базування:

1. З'єднайте PowerInspect з вимірювальним пристроєм.
2. Двічі клацніть СКМ (СК матмоделі) в послідовності вимірювання.
3. У діалоговому вікні «Матриця перетворення» натисніть кнопку 3-2-1 (рис. 2.2).

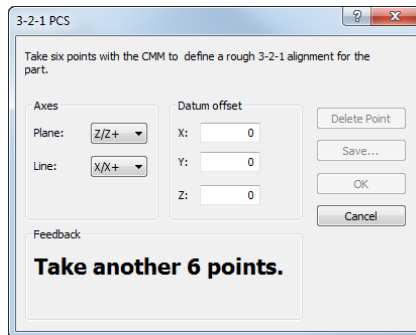


Рисунок 2.2 – Вікно «Матриця перетворення»

4. У списку Площина виберіть вісь, яка повинна бути задана вимірюваною площиною.

5. У списку Пряма виберіть вісь, яка повинна бути задана вимірюваною прямою.

6. Щоб виконати зміщення системи координат, введіть відповідні значення X, Y і Z в області Зміщення СК.

7. Виміряйте шість точок на деталі, використовуючи правило 3-2-1:

— Точки 1, 2 і 3 задають площину. При цьому блокуються дві поворотні осі і одна вісь зміщення.

— Точки 4 і 5 задають пряму. Це блокує одну вісь обертання і одну вісь зміщення. Порядок точок задає напрямок прямої.

— Точка 6 задає другу пряму, яка ортогональна осі площини і прямій, створеній точками 4 і 5. Це блокує вісь зміщення, що залишилася. Точка перетину двох прямих дає положення початку координат.

Щоб видалити останню виміряну точку, натисніть Видалити точку. У міру вимірювання точок, область Повідомлення показує кількість точок, що залишилися. Якщо вимірюються всі шість точок, в області відображається: Отримано 6 точок. Матриця оновлюється, показуючи, що було створено вихідне базування.

8. Щоб зберегти параметри цього вихідного базування у файл матриці (.mat) для подальшого використання, натисніть кнопку Зберегти і вкажіть ім'я файлу.

9. Натисніть ОК, щоб закрити діалог і зберегти зміни.

Щоб відкрити перетворення, клацніть правою кнопкою миші по СКМ (СК матмоделі) в послідовності вимірювання і в контекстному меню виберіть опцію Редагувати вихідне базування.

Creality RaptorX - 3D-сканер метрологічного класу з максимальною точністю 0,02 мм і бездротовим скануванням. Він має три джерела світла (синє світло, біле світло та інфрачервоне світло) і може одночасно здійснювати високошвидкісне сканування за допомогою перехресних лазерних ліній (34 лінії) для середніх і великих деталей, точне сканування за допомогою паралельних лазерних ліній (7 ліній) та інфрачервоне сканування.

Creality RaptorX має два режими сканування: сканування синім лазером та інфрачервоне сканування.

Режим синього світла підходить для сканування, яке вимагає більшої точності та деталізації. Для сканування потрібні круглі світловідбиваючі маркери. Для невеликих об'єктів маркери можна прикріпити до робочого столу або скануючої панелі, а потім розмістити об'єкт на робочому столі або панелі для сканування. Для більших об'єктів маркери потрібно прикріпити до поверхні об'єкта.

Перехресні лінії використовуються для сканування великих об'єктів, а паралельні лінії - для сканування невеликих об'єктів або локальних деталей.

Інфрачервоний режим підходить для сканування великих об'єктів, таких як обличчя, тіла і скульптури (150-2000 мм). Він дозволяє сканувати без маркерів, а також підтримує сканування на основі маркерів і сканування текстурних об'єктів.

Точність всіх сканерів залежить від відстані сканування. Мінімальна робоча відстань сканера RaptorX становить 15 см, а максимальна - 120 см (Табл. 2.1). Сканер повинен знаходитися на відповідній відстані від об'єкта, щоб забезпечити надійне відстеження без втрати точності. Дотримуйтесь інструкцій, наданих програмним забезпеченням для сканування, щоб підтримувати «Оптимальну відстань».

Таблиця 2.1 – Оптимальна відстань сканування

Режим сканування	Оптимальна відстань сканування
Паралельні лінії	150-400 mm
Перехресні лінії	200-600 mm
Інфрачервоний режим	170-1200 mm

1. Вікно попереднього перегляду глибинної камери: У верхньому лівому вікні відображається ІЧ-зображення глибинної камери.

2. Вікно попереднього перегляду камери RGB: У лівому нижньому вікні відображається кольорове зображення з камери RGB.

3. Індикатор відстані: ліворуч від вікон камер. Коли відстань між сканером і об'єктом сканування знаходиться на «оптимальній відстані», отримана хмара точок є оптимальною, а стабільність відстеження - найкращою. Під час сканування, будь ласка, звертайте увагу на нагадування на індикаторі відстані, щоб тримати сканер в межах оптимального діапазону відстаней. Хмари точок, що знаходяться за межами діапазону, не будуть зібрані і відображені в області візуалізації 3D хмари точок.

4. Область візуалізації 3D хмари точок: Основна область використовується для попереднього перегляду хмари точок поточного кадру, отриманої сканером, і хмари точок, отриманої історично. У фазі паузи хмарою точок можна маніпулювати, коли курсор потрапляє в область візуалізації 3D хмари точок.

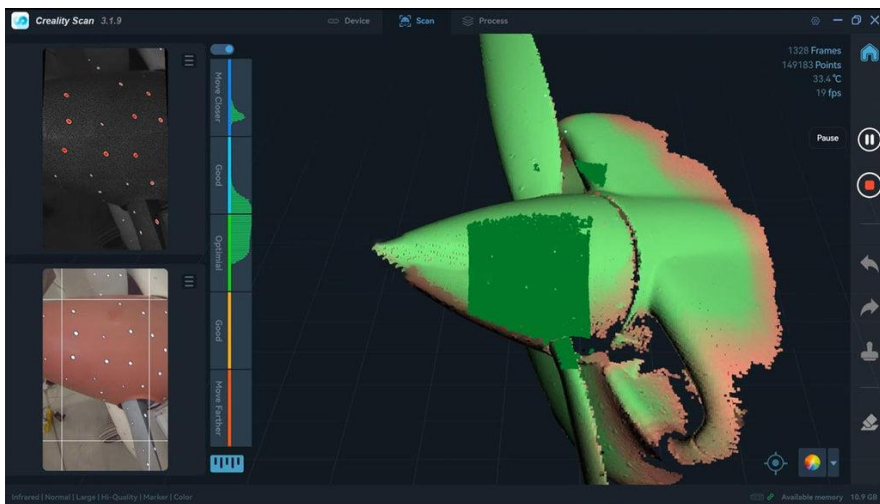


Рисунок 2.3 – Загальний вигляд структури екрану сканування

2.5 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Яке призначення програмного забезпечення Autodesk PowerInspect?
2. Що таке система координат деталі (Workplane) і як вона створюється?
3. Які методи вирівнювання (alignment) використовуються в PowerInspect?
4. Як перевірити правильність орієнтації CAD-моделі у просторі?
5. Які методи 3D сканування існують?
6. Як впливає точність базування деталі на точність вимірювання?

2.6 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт по лабораторній роботі повинен включати:

1. Файл отриманої 3D моделі деталі.
2. Створений звіт про вимірювання створений у PowerInspect.
3. Висновок про точність деталі.

2.7 РЕКОМЕНДОВНІ ДЖЕРЕЛА

1. Autodesk PowerInspect 2022 Help. Офіційна довідка Autodesk: <https://help.autodesk.com/view/PWRI/2022/ENU>
2. PowerInspect getting started [Електронний ресурс]. – Autodesk Learning, 2025. – Режим доступу: <https://www.autodesk.com/learn/ondemand/module/powerinspect-getting-started>
3. Creality. RaptorX Manual [Електронний ресурс] / Creality Wiki. – Режим доступу: <https://wiki.creality.com/en/3d-scanner/raptorx/manual>