



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **163581** (13) **U**
(51) МПК (2026.01)
G06T 17/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2026 00014	(72) Винахідник(и): Сікульський Валерій Терентійович (UA), Майорова Катерина Володимирівна (UA), Шипуль Ольга Володимирівна (UA), Миронова Світлана Юріївна (UA), Бочаров Віталій Борисович (UA), Скиба Олександр Сергійович (UA), Калініченко Віктор Анатолійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 08.01.2026	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 09.07.2026	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 08.07.2026, Бюл.№ 27	(73) Володілець (володільці): НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Вадима Манька, 17, м. Харків, 61070 (UA)

(54) СПОСІБ РЕКОНСТРУКЦІЇ СКЛАДНИХ ЗА ФОРМОЮ ОБ'ЄКТІВ

(57) Реферат:

Спосіб реконструкції складних за формою об'єктів включає побудову комп'ютерної моделі об'єкта у тривимірній системі з хмар точок, що отримані скануванням об'єкта з мінімум двох ракурсів. Виконують вимірювання посадкових та базових поверхонь з відхиленнями в межах 0,01-0,001 мм, та на основі вимірювань будують комп'ютерну схему розташування у програмному просторі базових та посадкових поверхонь, з отриманої на основі сканування об'єкта хмари точок виділяють базові та посадкові поверхні, в яких встановлюють базові точки, що лежать в площині поверхонь та мають нульові відхилення від площин, які складаються з хмар точок. Після цього хмару точок з відміченими базовими точками суміщають з комп'ютерною схемою базових та посадкових поверхонь таким чином, щоб базові точки у хмарі точок співпали з відповідними поверхнями комп'ютерної схеми базових та посадкових поверхонь.

UA 163581 U

Корисна модель стосується комп'ютерних способів тривимірної реконструкції структури реальних, зокрема складних за формою, об'єктів, з хмар точок. До складних за формою об'єктів належать корпуси двигунів та редукторів, вентиляторів, турбін та компресорів, пресформи, а також корпуси гідроапаратури тощо.

Відомий спосіб реконструкції тривимірної моделі з хмар точок (Патент № US 10062207 B2 Оубл.: 08. 28. 2018), який включає: (а) сканування та отримання хмар точок об'єкта для реконструкції тривимірної моделі; (б) аналіз якості отриманих хмар точок; (с) обчислення нового вигляду сканування на основі проаналізованої моделі спеціально налаштованого для хмар точок; (d) сканування відповідно до нового ракурсу сканування та зважування; та оновлення хмар точок, отриманих на кроці (а), у реальному часі додавання хмар точок методом оцінки достовірності відповідно до нового ракурсу сканування; (е) реконструкцію тривимірної моделі з отриманої хмари точок, яка оновлюється в режимі реального часу.

Недоліком даного способу є великий час реконструкції моделі виробу, що пов'язано з циклічним характером процесу, який зумовлений паузами на аналіз достовірності моделі та обчислення нового вигляду сканування на основі проаналізованої моделі. Крім того для аналізу достовірності потрібно мати оригінал моделі в якомусь вигляді, який на етапі реконструкції моделі частіше відсутній. Для аналізу достовірності потрібно використовувати складне програмне забезпечення, а також інструменти для вимірювання, які забезпечують високу точність порядку 0,01-0,001 мм. Тому даний спосіб придатний для реконструкцій об'єктів, що мають невисокі вимоги до точності.

Найбільш близьким до запропонованого є спосіб реконструкції опукло-вгнутих об'єктів (Патент України № 158919 МПК G06T 17/20, G06T 19/20, опубліковано: 02.04.2025, Бюл. № 14), що включає побудову комп'ютерної моделі об'єкта у тривимірній системі з хмар точок, що отримані скануванням об'єкта з кількох ракурсів, причому перший ракурс виконують з застосуванням маркерів, які закріплюють по всій поверхні з кроком щонайменше 50 мм, на протилежній стороні об'єкта вздовж всієї крайки, якщо вона за товщиною менше 5 мм, встановлюють маркер з малярного скотча так, щоб скотч виходив за розміри крайки на 50 мм і був дотичний до цієї сторони та в полі зору з іншої сторони об'єкта, далі отримують наступний ракурс, скануючи об'єкт аналогічним чином з іншої сторони, після чого виконують поєднання хмар точок всіх сканувань за умови мінімального шуму хмар точок маркерів і хмар точок протилежної сторони об'єкта, далі хмари точок трансформують у комп'ютерну модель об'єкта, причому перехід від однієї до іншої сторони об'єкта у комп'ютерній моделі виконують з використанням В-сплайнової апроксимації.

Такий спосіб для сканування поверхонь об'єкта зі складними формами, особливо з системою отворів, має недоліки з точки зору кількості ракурсів сканування для отримання максимальної інформації. Сканування у середині отворів обмежене по розмірах діаметрів та по глибині сканування невеликих за діаметром отворів, що в свою чергу призведе до зниження точності реконструкції їх розташування у просторі. Представлення системи отворів у просторі деталі з хмари точок має великі похибки через те, що під час сканування отворів використовуються екстремальні кути сканування для отримання даних з середини отворів, що підвищує сумарну похибку такої реконструкції об'єкта. Як результат, точність такої реконструкції складної деталі є недостатня, яка складає відхилення в межах 0,05...0,1 мм.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення точності реконструкції складних за формою об'єктів та підвищення показників продуктивності та економічності процесу.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі реконструкції складних за формою об'єктів, який включає побудову комп'ютерної моделі об'єкта у тривимірній системі з хмар точок, що отримані скануванням об'єкта з кількох ракурсів, згідно з корисною моделлю, виконують вимірювання посадкових та базових поверхонь з відхиленнями в межах 0,01-0,001 мм, та на основі вимірювань будують комп'ютерну схему розташування у програмному просторі базових та посадкових поверхонь, з отриманої на основі сканування об'єкта хмари точок виділяють базові та посадкові поверхні, в яких встановлюють базові точки, що лежать в площині поверхонь та мають нульові відхилення від площин, які складаються з хмар точок, після чого хмару точок з відміченими базовими точками суміщають з комп'ютерною схемою базових та посадкових поверхонь таким чином, щоб базові точки у хмарі точок співпали з відповідними поверхнями комп'ютерної схеми базових та посадкових поверхонь.

Базові поверхні використовуються для побудови системи координат дослідного об'єкта, що підвищує точність базування поверхонь при подальшому моделюванні, а також за рахунок контактних вимірів збільшується точність розмірів та розташування об'єкта у просторі.

Завдяки такій реалізації реконструкції структури реального об'єкта зі складними формами гарантується автоматичне встановлення положення між хмарами точок, які отримані

скануванням об'єкта з двох (або кількох) ракурсів і комп'ютерною схемою базових та посадкових поверхонь, що отримані методом точного вимірювання. Таким чином, точність реконструкції зростає за рахунок точного вимірювання базових та посадкових поверхонь, а також при виділенні базових точок з нульовими відхиленнями серед хмари точок. Етап суміщення системи базових поверхонь з базовими точками є комп'ютерний, він має малі похибки, тому запропонований спосіб підвищує точність як посадкових поверхонь, так і реконструкції об'єкта в цілому. Сканування об'єкта з двох (або кількох) ракурсів дозволяє використовувати сканери та програмне забезпечення звичайних версій, що дозволяє знизити вартість та підвищити продуктивність процесу реконструкції об'єкта зі складними формами.

На фіг. 1 показана поопераційна блок-схема послідовності виконання способу реконструкції складних об'єктів з хмар точок, на фіг. 2 - комп'ютерна модель розташування у програмному просторі базових та посадкових поверхонь, на фіг. 3 - хмара точок об'єкта складної форми, де базові точки знаходяться на базовій поверхні 1, на посадкових поверхнях отворів кріплення 2 і отвору кронштейна 3, на фіг. 4 - загальне зображення комп'ютерної моделі деталі.

Спосіб реконструкції складних за формою об'єктів реалізують в такій послідовності. Об'єкт попередньо очищують від мастила і пилу, чорні, блискучі або прозорі поверхні матують тальком або протиблисковим спреєм.

При побудові комп'ютерної моделі складного за формою об'єкта з виконують точне вимірювання посадкових та базових поверхонь з відхиленнями в межах 0,01-0,001 мм, наприклад, за допомогою координатно-вимірювальної машини (КВМ). Розмір відхилень вимірювання вибрано у зв'язку з досвідом використання вимірювання звичайних розмірів та точності, характерних для машинобудування. Використання КВМ пояснюється тим, що найвища точність контактних вимірів КВМ починається з $0,6+L/400$ мкм, а менша точність варіюється від $1,5+L/333$ мкм до $3,5+Z/333$ мкм залежно від типорозміру КВМ, де L - довжина вимірюваного об'єкта в мм. Сучасні скануючі пристрої (3D-сканери) дають змогу отримати результати з точністю 0,01-0,02 мм, але контактні виміри КВМ і досі залишаються найточнішими методами вимірювання реальних розмірів об'єктів. Вимірюють також положення базових та посадкових поверхонь між собою, а саме вимірюють розміри L_1 , L_2 , L_3 , а також діаметри d_1 , d_2 . Далі на основі вимірювань будують комп'ютерну схему розташування у просторі базових поверхонь та посадкових поверхонь у спеціалізованому програмному забезпеченні КВМ. За допомогою скануючого безконтактного датчика або 3D-сканера отримують хмару точок, з якої виділяють базові поверхні та посадкові поверхні. В цих поверхнях встановлюють базові точки, які лежать в площині поверхонь та мають нульові відхилення від площин, які складаються з хмар точок. Сканування відбувається при переміщенні сканера вздовж зовнішньої поверхні об'єкта на відстані від 350 до 1000 мм перпендикулярно до поверхні, що сканується.

Далі хмару точок з відміченими базовими точками суміщають з комп'ютерною схемою базових та посадкових поверхонь таким чином, щоб базові точки у хмарі точок співпали з відповідними поверхнями схеми базових та посадкових поверхонь. Під час цієї операції похибки сканування та обробки хмар точок компенсуються завдяки отриманій раніше високоточній інформації контактних вимірів базових елементів на КВМ, тобто завдяки приєднанню до розмірів, отриманих за допомогою точного інструментального оснащення КВМ. Таким чином буде досягнута точність об'єкта в цілому, незважаючи на складність форм об'єкта. Далі фіксують положення хмар точок, а частки хмар точок, що не є поверхнями дослідного об'єкта, але є результатом сканування, видаляють. Отримані дані складних криволінійних поверхонь зі сканера (хмари точок) і виміряні за допомогою контактної методу базових та посадкових поверхонь, які мають мінімальну похибку вимірювання, використовують при подальшому моделюванні, що забезпечує високу точність посадкових, базових розмірів та криволінійних поверхонь. Тим самим отримуємо високоточну комп'ютерну модель.

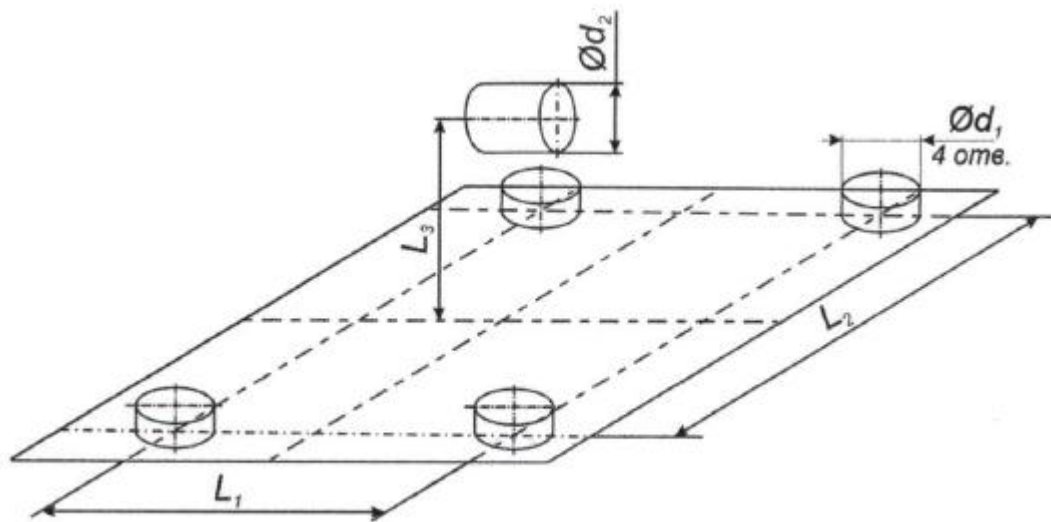
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб реконструкції складних за формою об'єктів, що включає побудову комп'ютерної моделі об'єкта у тривимірній системі з хмар точок, що отримані скануванням об'єкта з мінімум двох ракурсів, який **відрізняється** тим, що виконують вимірювання посадкових та базових поверхонь з відхиленнями в межах 0,01-0,001 мм, та на основі вимірювань будують комп'ютерну схему розташування у програмному просторі базових та посадкових поверхонь, з отриманої на основі сканування об'єкта хмари точок виділяють базові та посадкові поверхні, в яких встановлюють базові точки, що лежать в площині поверхонь та мають нульові відхилення від площин, які складаються з хмар точок, після чого хмару точок з відміченими базовими точками суміщають з комп'ютерною схемою базових та посадкових поверхонь таким чином, щоб базові точки у хмарі

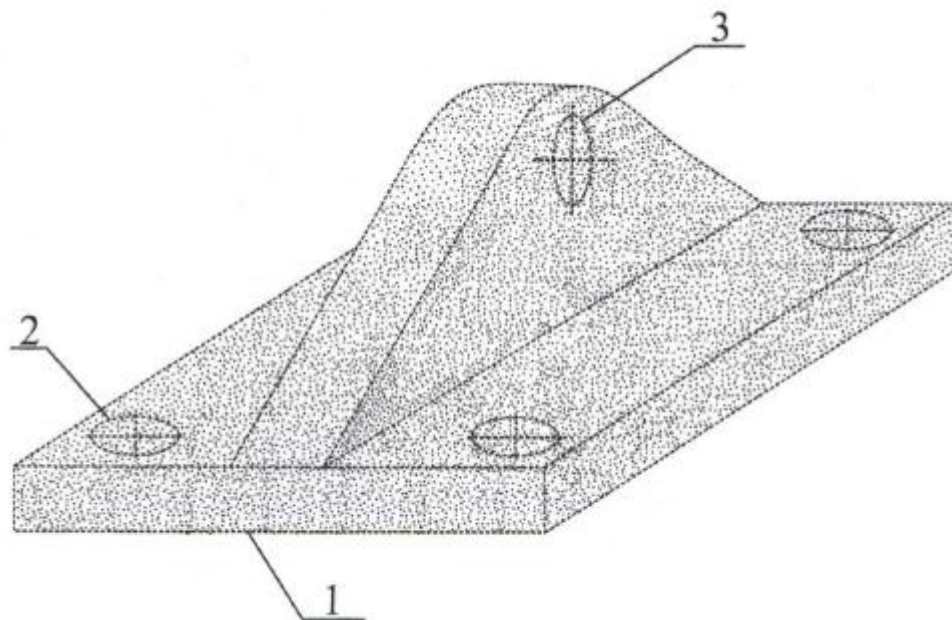
точок співпали з відповідними поверхнями комп'ютерної схеми базових та посадкових поверхонь.



Fig. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

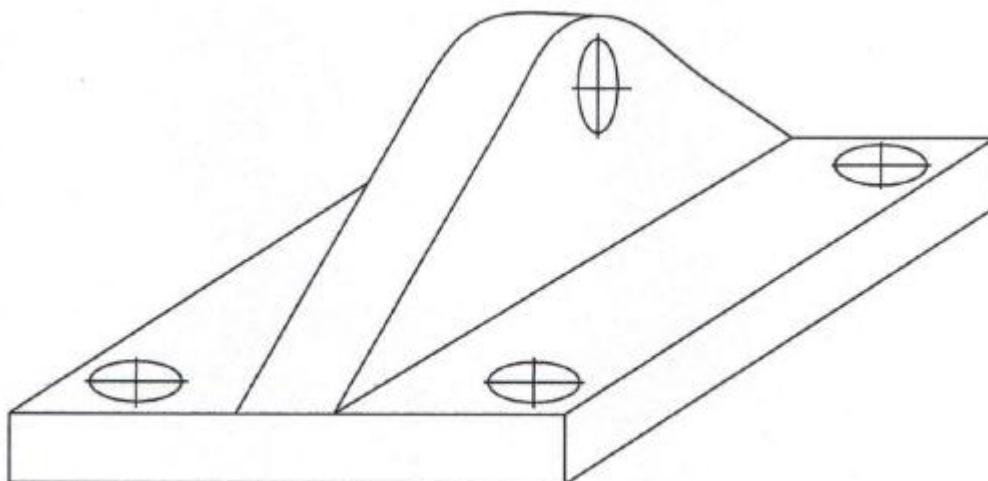


Fig. 4