



KP-272-PNU-71-2023

Załącznik nr 1 do SWZ

## Opis przedmiotu zamówienia

### Urządzenie do analizy odkształceń i przemieszczeń dynamicznych 3D

#### 1. Przedmiotem zamówienia

Urządzenie do analiz odkształceń i przemieszczeń dynamicznych 3D, które pozwoli na prowadzenie badań w zakresie pomiaru odkształceń i przemieszczeń małych i dużych próbek, komponentów i zespołów konstrukcyjnych. Umożliwi wyświetlanie wartości przemieszczenia i odkształcenia w trakcie pomiaru.

#### 2. Zakres zamówienia

W skład zamówienia wchodzi:

- fabrycznie nowe urządzenie do analizy odkształceń i przemieszczeń dynamicznych 3D
- oprogramowanie komputerowe służące do obsługi urządzenia,
- jednostka sterująca - minimum 1 stanowisko,
- oprogramowanie służące do obsługi oraz analizy i raportowania,

W skład przedmiotu zamówienia wchodzi również dostawa, instalacja (montaż), uruchomienie, wdrożenie oraz z kompleksowym szkoleniem w jednostce zamawiającej.

#### 3. Szkolenie oraz wsparcie

Szkolenie 4 dniowe (4 x 8 godzin), obejmujące obsługę urządzenia oraz oprogramowania, zrealizowane w jednostce zamawiającej. Minimalna liczba osób uczestniczącym w szkoleniu – 5 osób. Wsparcie w zakresie obsługi urządzenia oraz opieka dla oprogramowania trwające minimum 2 lata od momentu uruchomienia.

#### 4. Gwarancja:

- minimum 24 miesiące gwarancji. Czas gwarancji liczony od momentu uruchomienia,
- reakcja serwisowa maksymalnie 3 dni robocze,
- co najmniej 24 miesiące wsparcia programowego pozwalającego na aktualizację, oprogramowania dla każdego systemu do najnowszej wersji.

#### 5. Dostawa

Miejsce dostawy - Politechnika Lubelska (ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin) wraz z kompleksową dostawą, instalacją (montażem), uruchomieniem, wdrożeniem oraz szkoleniem w jednostce zamawiającej.

#### 6. Obowiązki wykonawcy:

1. Wykonawca ponosi wszystkie koszty związane z realizacją dostarczenia urządzenia w tym koszty sprzętu, koszty osobowe, koszty podróży, koszty praw autorskich, koszty opracowania materiałów merytorycznych i pozostałe koszty, które nie są wymienione, a które są niezbędne do realizacji zadania jakim jest dostarczenie urządzenia do analizy odkształceń i przemieszczeń dynamicznych 3D.
2. Zamawiający zastrzega sobie prawo żądania od Oferenta zdjęcia oferowanego urządzenia jako całości oraz poszczególnych jego podzespołów i rozwiązań konstrukcyjnych.
3. Oferowane urządzenie nie może być urządzeniem prototypowym, musi być kompletnym systemem oferowanym na rynku od minimum 5 lat,
4. Urządzenie powinno posiadać certyfikat CE.

#### 7. Szczegółowy opis zamówienia

##### I)

1. Głowica pomiarowa systemu odkształceń i przemieszczeń dynamicznych 3D, sterowniki i oprogramowanie powinny być ze sobą kompatybilne i współpracować ze sobą w niezakłócony sposób.



Dotacja celowa na realizację inwestycji związanej z działalnością naukową: zakup aparatury naukowo – badawczej, pn. „Naukowe Centrum Badań i Doskonalenia Innowacyjnych Technologii Wytwarzania”  
Finansowanie: Skarb Państwa – Ministerstwo Edukacji i Nauki, Umowa nr: 7312/IA/SP/2022  
Dofinansowanie: 4 980 000,00 zł, Wartość całkowita projektu: 4 980 000,00 zł

<ol style="list-style-type: none"><li>Możliwość doposażenia systemu o kolejny czujnik pomiarowy 3D (zestaw dwóch kamer) do realizacji synchronicznych pomiarów z dwóch dowolnych stron w stosunku do badanej próbki (dowolne niezależne ustawienie).</li><li>Możliwość pomiarów drgań powierzchni i położenia/przemieszczenia 3D poszczególnych punktów próbki badanej z wykorzystaniem tych samych komponentów sprzętowych (kamer).</li><li>System posiada możliwość dalszej rozbudowy o dodatkowe przestrzenie pomiarowe i urządzenia pomiarowe.</li><li>Obszar pomiarowy: szerokość 170 mm i wysokość 130 mm (głębokość 40 mm) +/-10% oraz szerokość 2200 mm i wysokość 1800 mm (głębokość 1800 mm) +/-10% (2 zakresy pomiarowe).</li></ol>
<b>II)</b> <ol style="list-style-type: none"><li>Umożliwia pomiar współrzędnych XYZ w czasie rzeczywistym.</li><li>Umożliwia pomiar przestrzennego przemieszczenia w czasie rzeczywistym.</li><li>System musi umożliwiać pomiary fotogrametryczne obiektów w 360°.</li><li>System powinien posiadać minimum dwie identyczne kamery, przy tym każda kamera powinna posiadać rozdzielczość nie mniejszą niż 12 MPx. i możliwość wykonania zdjęcia o min rozdzielczości 4098 x 3068 Px.</li><li>Dokładność pomiaru przemieszczeń i współrzędnych w przestrzeni 3D w tym w pomiarze na żywo nie większa niż <math>\pm 0.02</math> mm.</li></ol>
<b>III)</b> <ol style="list-style-type: none"><li>Umożliwienie pomiarów na żywo dowolnych inspekcji, w tym używanie protokołu SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments), np. w celu wysłania kilkudziesięciu inspekcji na żywo do innego PC / zewnętrznego oprogramowania w celu prowadzenia analiz na żywo w innym specjalistycznym oprogramowaniu.</li><li>Pomiary na żywo prowadzone z opóźnieniami nie większymi niż 60 ms.</li><li>Dokładność pomiaru odkształceń względnych nie mniejsza niż 0.005 % (50 <math>\mu</math>m/m) mierzona na zasadzie pomiaru szumu pomiarowego, np. na wykresie przynajmniej 100 zdjęć, gdzie za wynik uznaje się największą wartość międzyszczytową (odniesioną do pola wielkości typowego tensometru).</li></ol>
<b>IV)</b> <ol style="list-style-type: none"><li>Częstotliwość wyk. zdjęć:<ul style="list-style-type: none"><li>– minimum do 70 Hz przy pełnej rozdzielczości,</li><li>– minimum do 100 Hz przy 2/3 zakresu rozdzielczości,</li><li>– minimum do 200 Hz przy 1/3 zakresu rozdzielczości,</li><li>– minimum do 420 Hz przy 1/6 zakresu rozdzielczości,</li><li>– minimum do 450 Hz przy 1920 x 1000 px (hd).</li></ul></li><li>Możliwość doposażenia systemu o:<ol style="list-style-type: none"><li>pomiary geometryczne inspekcyjne stykowe,</li><li>minimum 2 (możliwą do zaakceptowania przez możliwości sprzętowe komputera) liczbę czujników 3D (zestawów dwóch kamer z belką) okablowanie przewodami o min długości 10 metrów.</li></ol></li></ol>
<b>V)</b> <ol style="list-style-type: none"><li>Posiada co najmniej 8 wejściowych kanałów A/D (o zakresie regulacji napięcia od <math>\pm 1V</math> do <math>\pm 10V</math>); każdy kanał powinien posiadać filtrowanie szumu metodą low-pass przy częstotliwości odcięcia 100 kHz i min rozdzielczość 16 bitów; częstotliwość zbierania danych z każdego kanału wejściowego A/D powinna być co najmniej 200 000 S/s (zapisów na sekundę).</li><li>Posiada co najmniej 4 wyjścia analogowe o zakresie napięcia <math>\pm 10V</math> i min D/A rozdzielczością 16 bit oraz akceptujący łącznie dla wszystkich kanałów analogowych wyjściowych prąd o natężeniu max 30 mA.</li><li>Posiada min 3 kanały wyzwalające BNC i możliwość wyzwolenia poprzez TTL oraz możliwość podłączenia bramki świetlnej (podłączenie fotokomórki).</li><li>Posiada sprzętowe wyzwalacze obsługiwane przez oprogramowanie w schematach blokowych procedury pomiarowej pozwalające na automatyzację procesu pomiarowego zgodnie z procedurą badawczą maszyny wytrzymałościowej, która zarówno steruje procesem obciążania próbki i jednocześnie systemem pomiarowym DIC.</li><li>Pozwala na synchroniczne wyzwalanie pomiarów w czasie w oparciu o wyznaczone punkty charakterystyczne, zadane wartości analogowe lub zewnętrzne sygnały wyzwalające.</li><li>Możliwość pracy w tzw. buforze kołowym ze zrzutem zdjęć.</li><li>Pozwala na sterowanie własną kamerą z obsługą protokołu kamer USB np. GeniCam do pomiarów 2D.</li></ol>



Dotacja celowa na realizację inwestycji związanej z działalnością naukową: zakup aparatury naukowo – badawczej, pn. „Naukowe Centrum Badań i Doskonalenia Innowacyjnych Technologii Wytwarzania”  
Finansowanie: Skarb Państwa – Ministerstwo Edukacji i Nauki, Umowa nr: 7312/IA/SP/2022  
Dofinansowanie: 4 980 000,00 zł, Wartość całkowita projektu: 4 980 000,00 zł

**VI)**

1. Proces kalibracji powinien uwzględnić wpływ aktualnej temperatury; moduł kalibracyjny powinien pozwolić na podanie współczynnika rozszerzalności cieplnej dla materiału wzorca kalibracyjnego.
2. Moduł kalibracyjny oprogramowania powinien pozwolić na podanie i skorygowanie (np. po recertyfikacji wzorca) odległości charakterystycznych oraz zapisać dane do protokołu z przeprowadzonej kalibracji.

**VII)**

1. System powinien umożliwić analizę całych powierzchni próbek badanych z wykorzystaniem markerów adhezyjnych.
2. System powinien umożliwić uzyskanie wyników pomiarów i ich wizualizacje dla obszarów/wybranych punktów w postaci: współrzędnych 3D, przemieszczeń 3D, odkształceń, prędkości odkształceń, odkształceń głównych i ich kierunków, prędkości punktów 3D, przyspieszeń punktów 3D, zmian odległości i kąta między wyznaczonymi punktami, trajektorii 3D ruchu punktów.
3. System powinien umożliwić tworzenie własnych układów współrzędnych z wykorzystaniem kształtów i geometrii uzyskanych z analizy i/lub modeli CAD.
4. System powinien umożliwić wizualizację przemieszczeń w postaci wektorów przemieszczeń oraz kolorowych map przemieszczeń na całej powierzchni próbki badanej.
5. System powinien umożliwić tworzenie kształtów prostych (punkt, linia, płaszczyzna, okrąg, wielokąt, otwór podłużny (np. pod wpust), walec, kula, stożek) w celu wyznaczenia np. zmiany zadanych wymiarów geometrycznych.
6. System powinien umożliwić dopasowanie uzyskanej z pomiarów siatki do elementów geometrycznych za pomocą: metody Gaussian, metody Chebyshev, metody wpisania maksymalnego obiektu danego kształtu w zmierzoną siatkę lub minimalnego obiektu danego kształtu w zmierzoną siatkę.
7. System powinien posiadać zestaw funkcji interpolacyjnych brakujących węzłów siatki 3D.
8. System powinien umożliwić tworzenie funkcji wirtualnego tensometru oraz ekstensometru, pozwalającego określić długość bazy ekstensometru podczas badań w czasie rzeczywistym.

**VIII)**

1. System powinien posiadać zestaw funkcji do filtrowania danych mierzonych w czasie rzeczywistym w celu wyeliminowania szumów.
2. System powinien umożliwić przedstawienie danych pomiarowych w postaci wykresów i map rozkładu przemieszczeń i odkształceń, np. w funkcji wartości przyłożonego obciążenia.
3. System powinien umożliwić automatyczne generowanie filmów obrazujących wyniki pomiarów i zapis tych filmów do przenośnych formatów: avi, mp4, osadzonych filmów w plikach pdf.
4. System powinien umożliwić zarządzanie wszystkimi zarejestrowanymi etapami pomiarowymi (funkcja zamrażania zdjęć bez ich usuwania, tworzenie dowolnych zakresów ze zdjęć wybranych do analizy, zmiana etapu odniesienia (referencyjnego)).
5. System powinien umożliwić import chmur punktów i siatek trójkątów (STL, ASCII, POL, PLY, PSL, etc.).
6. System powinien umożliwić poligonizację chmur punktów z kontrolą szumu oraz możliwość wykonywania porównania spolonizowanego obiektu (na podstawie chmury punktów) do modelu CAD.
7. System powinien umożliwić wykonanie analizy GD&T (wymiarowania i tolerancji) wraz z możliwością wybrania ogólnie przyjętej w pomiarach GD&T normy – np. ISO 1101 lub ASME Y.14.5.

**IX)**

1. System powinien umożliwić bezpośredni import danych CAD w formatach: IGES, STEP, JT Open.
2. System powinien umożliwić odznaczanie punktów do komponentów powierzchniowych.
3. System powinien umożliwić teksturyzację komponentów przy użyciu zdjęć 3D.
4. System powinien umożliwić parametryzację wszystkich funkcji za pomocą własnych skryptów pomiarowych.
5. System powinien umożliwić import modeli CAD w natywnych formatach do CATIA, UG, Pro/E, SolidWorks bez konieczności korzystania z konwerterów i dodatkowego zewnętrznego oprogramowania.
6. System powinien umożliwić obsługę skryptów i możliwość tworzenia własnych, np. z wykorzystaniem Python'a.
7. System powinien umożliwić tworzenie szablonów projektów dla wielu takich samych próbek, tzn. funkcjonalności pozwalającej na jednokrotne stworzenie wszystkich funkcji pomiarowych i analiz wraz z raportami, a następnie po otwarciu takiego projektu jako szablonu i zaimportowaniu do niego projektu nieobliczonego na automatyczne wykonanie wszystkich funkcji i stworzenie raportu z uwzględnieniem nowych danych z zaimportowanego projektu.
8. System powinien umożliwić tworzenie, importowanie i, eksportowanie własnych szablonów raportów.



Dotacja celowa na realizację inwestycji związanej z działalnością naukową: zakup aparatury naukowo – badawczej, pn. „Naukowe Centrum Badań i Doskonalenia Innowacyjnych Technologii Wytwarzania”  
Finansowanie: Skarb Państwa – Ministerstwo Edukacji i Nauki, Umowa nr: 7312/IA/SP/2022  
Dofinansowanie: 4 980 000,00 zł, Wartość całkowita projektu: 4 980 000,00 zł

9. System powinien umożliwić oprogramowanie przeprowadzenie weryfikacji modeli MES.
<b>X)</b> 1. System powinien zawierać Otwartą Strukturę Danych, tzn. możliwość importu danych z zewnętrznych urządzeń , np. kamer termowizyjnych czy innych systemów, i zorientowanie ich w jednym wspólnym układzie współrzędnych. 2. System powinien umożliwić tworzenie jednego wspólnego układu współrzędnych dla dowolnej liczby użytych jednocześnie czujników pomiarowych. 3. System powinien umożliwić wykonywane analizy na danych pomiarowych uzyskanych z próbki badanej w wielu seriach pomiarowych w jednym układzie współrzędnych. 4. System powinien umożliwić obsługę projektów systemu fotogrametrycznego (np. importowanie chmur punktów celem użycia ich do stworzenia jednego wspólnego układu współrzędnych dla wielu czujników). 5. System powinien umożliwić współpracę z wieloma różnymi detalami i projektami jednocześnie – np. wykonanie analiz geometrycznych i analiz złożeń wirtualnych geometrycznych w tym z wykorzystaniem danych z systemu fotogrametrycznego, tzn. chmur punktów typu *.stl i innych.
<b>XI)</b> 1. System powinien mieć możliwość ergonomicznego przemieszczenia względem mierzonych obiektów.
<b>XII)</b> 1. Oświetlenie powinno być zintegrowane z belką pomiarową oraz zestawem obiektywów stało-ogniskowych.
<b>XIII)</b> 1. Interfejs oprogramowania w języku polskim. 2. Instrukcja obsługi w języku angielskim i polskim w wersji elektronicznej. 3. Co najmniej 24 miesiące wsparcia programowego pozwalającego na aktualizację oprogramowania dla każdego systemu do najnowszej wersji. 4. Przeprowadzenie szkolenia dla minimum 5 osób z obsługi urządzenia w terminie ustalonym z zamawiającym, oraz wydanie certyfikatu potwierdzającego fakt przeszkolenia.
<b>XIV)</b> Minimalne wymagania do PC: 1. Procesor x86 zapewniający komputerom w testach passmark R20: minimum 2538 punktów w teście xCPU i minimum. 2. 471 punktów w teście 1 rdzenia. 3. Możliwość uruchamiania aplikacji 64 bitowych sprzętowe wsparcie technologii wirtualizacji. 4. Min 32 GB RAM. 5. Karta graficzna zalecana przez producenta do pracy z oprogramowanie o średniej wydajności minimum 400 punktów w teście passmark, minimum 4 GB RAM. 6. Monitor o rozmiarze min 23,5” z opakowaniem transportowym spełniający wymagania: – rozdzielczość nominalna dokładnie 1920x1080 pikseli jasność minimum 250 cd/m <sup>2</sup> , kontrast minimum 1000:1 kąt widzenia pionowy minimum 178 stopni, – kąt widzenia poziomy minimum 178 stopni, – czas reakcji płamki maksymalnie 8 ms (szary do szarego) złącze cyfrowe umożliwiające podłączenie zaferowanego komputera, komputera ze złączem DVI i Display Port natywnie lub w postaci dołączonych przejściówek (kable), – wbudowany hub USB minimum 2 portowy możliwość pochylenia monitora, – możliwość regulacji pionie w zakresie minimum 100 mm funkcja PIVOT. 7. Twardy dysk: SSD minimum 1 TB klasy minimum 40 (Sekwencyjny zapis minimum 350 MB/s, odczyt minimum 1500 MB/s). 8. Dysk zewnętrzny twardy 2,5” minimum 2 TB ze złączem USB 3.0, możliwością pracy bez zasilacza z kablem USB 3.0 w zestawie. 9. Interfejs przetwarzania obrazu LAN, USB 2.0/USB 3.0 oraz minimum 1 port RJ45, karta sieciowa 10/100/1000 Mbit/s z obsługą trybów WOL i PXE minimum 8 portów USB. 10. Mysz z rolką, klawiaturą. 11. System operacyjny zalecany przez producenta. 12. Minimum 3 cyfrowe złącza monitora.