

# Opis przedmiotu zamówienia

Urządzenie do cyfrowej korelacji obrazu  
w ramach UMO-2017/27/B/ST8/02518 z dnia 2018-08-08  
numer zadania 033265 na WILiŚ PG

## 1 Przedmiot zamówienia

Przedmiotem zamówienia jest dostawa nowego optycznego systemu cyfrowej korelacji obrazu (ang. Digital Image Correlation, w skrócie DIC). W skład systemu wchodzi kamery, elektronika kontrolno-pomiarowa, osprzęt (oświetlenie, statywy, wzorce kalibracyjne, walizki transportowe), oprogramowanie oraz komputer klasy desktop.

38400000-9 Przyrządy do badania właściwości fizycznych,

36800000-1 Przyrządy optyczne.

## 2 Minimalne parametry techniczno-użytkowe urządzeń

### 2.1 Cztery kamery o minimalnej rozdzielczości 2 MPx każda, posiadające następujące parametry

- 1) Kamery typu global shutter (wszystkie piksele matrycy jednocześnie rozpoczynają i kończą naświetlanie, cała zawartość matrycy jest odczytywana jednocześnie);
- 2) Szybkość transferu minimum 5000 Mbits/sec, złącze: USB 3.0;
- 3) Minimalna rozdzielczość  $1920 \times 1200$  px;
- 4) Częstotliwość przy pełnej rozdzielczości co najmniej: 160 fps (klatek na sekundę);
- 5) Częstotliwość przy rozdzielczości  $1920 \times 150$  px co najmniej: 1000 fps (klatek na sekundę);
- 6) Migawka obejmująca co najmniej zakres od 0.045 ms do 60000 ms;
- 7) Każda z kamer wyposażona w obiektyw o ostrości  $f = 23 \text{ mm} - 25 \text{ mm}$  oraz przysłonie 1:1.4 z możliwością regulacji i blokady przysłony;
- 8) Pomiar temperatury chipa kamery;
- 9) Złącze C-mount;
- 10) Waga do 100 g;
- 11) Wymiary nie większe niż  $30 \times 30 \times 40$  (mm);
- 12) Długość kabli minimum 5 m.

### 2.2 Elektronika kontrolno-pomiarowa

- 1) Połączenie z komputerem: USB lub TCP/IP;
- 2) Synchronizacja sygnałów analogowych w trakcie rejestracji obrazów;
- 3) Konwerter A/D, D/A posiadający minimum 8 wejść analogowych (4 uziemione i 4 typu floating signal) +/- 10 V, 16-bit oraz minimum 2 wyjścia analogowe 0-10 V;
- 4) Minimum jedno złącze typu Trigger;

- 5) Synchronizacja in/out: minimum jedno złącze;
- 6) Minimum jedno wejście cyfrowe.

### **2.3 Komputer klasy Desktop PC, wraz z systemem operacyjnym, oprogramowaniem i niezbędną elektroniką kontrolno-pomiarową USB3, gwarantujący właściwą obsługę systemu optycznego**

- 1) Procesor nie gorszy niż Intel Xeon Quad Core, 3.6 GHz i 3.9 GHz Turbo (lub procesor równoważny o takim samym lub lepszym wyniku w teście CPU Benchmark: PassMark 10772);
- 2) Liczba rdzeni nie mniejsza niż 4;
- 3) Cache 8.25MB lub większe;
- 4) Pamięć RAM co najmniej 36 GB, DDR4;
- 5) Dysk SSD o pojemności co najmniej 256 GB;
- 6) monitor dotykowy LED o przekątnej 24" lub większy;
- 7) Minimum cztery wejścia do obsługi kamer;
- 8) System operacyjny: np. Windows 10 Professional 64Bit lub równoważny.

### **2.4 Osprzęt**

- 1) Co najmniej dwa niezależne oświetlacze LED zapewniające regulowane, stabilne i jednorodne oświetlenie powierzchni badanej minimum 1m<sup>2</sup>. Oświetlenie typu multi-LED o temperaturze barwowej z płynną regulacją w zakresie co najmniej od 3300 do 6300K. Ręczna regulacja intensywności oświetlenia za pomocą mechanicznego potencjometru. Regulacja kierunku oświetlenia w minimum 3 stopniach swobody. Brak efektu migotania – (Flicker Free) – źródło światła musi posiadać system stabilizacji intensywności oświetlenia nie wywołującego migotania obrazu w kamerach w całym zakresie częstotliwości kamer. Oświetlenie musi posiadać możliwość pracy za pomocą zasilacza podłączonego do zasilania sieciowego 230V oraz za pomocą zintegrowanej baterii. Minimum dwie baterie w zestawie. Intensywność oświetlenia minimum 210 Lux z odległości 2m. Oświetlacz musi posiadać szkło matowe jak również możliwość szybkiego demontażu tego szkła.

Zamawiający przed udzieleniem zamówienia, wezwie wykonawcę, którego oferta została najwyżej oceniona, do złożenia w wyznaczonym, nie krótszym niż 5 dni, terminie aktualnej na dzień złożenia dokumentacji technicznej potwierdzającej, że oferowane dostawy spełniają w/w wymagania określone przez Zamawiającego. Przez dokumentację techniczną rozumie się m.in. specyfikacje techniczne udostępniane przez producentów i dystrybutorów, karty produktu albo karty katalogowe produktu.

- 2) Dwa stabilne trójnożne statywy wraz z dwoma belkami do mocowania kamer o długości min. 70 cm. Statywy muszą posiadać płynną regulację z mechanizmem korbowym. Zakres regulacji wysokości nie mniejszym niż 80 - 227 cm (wysokość maksymalna). Zakres regulacji głowicy w trzech stopniach swobody: obrót (0-360°), przód/tył (-30°/+90°) and lewo/prawo (-30°/+90°);
- 3) Certyfikowane wzorce kalibracyjne wykonane z materiału o niskiej rozszerzalności termicznej:
  - jeden wzorzec kalibracyjny o wymiarach A2, 350 mm +/- 50mm z kodem QR;
  - jeden dwustronny wzorzec kalibracyjny o wymiarach A4 150 mm +/- 30mm o certyfikowanej grubości 5 mm +/- 1mm z kodem QR;

- 4) Zestaw dostosowanych do systemu walizek transportowych z kółkami na łożyskach tocznych o wymiarach zewnętrznych nie większych niż 100x50 x20 cm. Walizki muszą mieścić wszystkie elementy systemu z wyłączeniem statywu i płytek kalibracyjnych, które w takim przypadku powinny być dostarczone w osobnych opakowaniach. Walizka na komputer i monitor może przekraczać podane wyżej wymiary, ale musi spełniać pozostałe wymagania.

Zaoferowane walizki muszą spełniać wymagania szczelności co najmniej IP67 wg EN60529 lub normy równoważnej, muszą być wyposażone w automatyczny zawór wyrównujący ciśnienie wewnętrzne i zabezpieczający przed wnikaniem wody oraz charakteryzować się odpornością na zgniecenia i uderzenia mechaniczne potwierdzoną dowolnym, przynajmniej jednym certyfikatem odnoszącym się do tych cech (np. EN 28768, ISO 8768, EN 22248, ISO 2248, MIL C-4150J, STANAG 4280, Def Stan 81-41, ATA Specification 300, lub innym).

- 5) Wymagana w niniejszym postępowaniu dokumentacja techniczna i instrukcje obsługi muszą być złożone w języku polskim lub angielskim.

### **3 Szczegółowy opis cech funkcjonalnych systemu**

- 1) Minimalna częstotliwość rejestracji obrazu dla czterech kamer w pełnej rozdzielczości 160 Hz, z możliwością zwiększenia częstotliwości do minimum 1000Hz (przy redukcji rozdzielczości);
- 2) System musi umożliwiać pomiar próbek cylindrycznych, sferycznych, płaskich i dwupłaszczyznowych wraz pomiarem grubości i odkształcenia w osi Z w konfiguracjach określonych w załączniku pn. Rysunek nr 1;
- 3) System musi posiadać możliwość rozbudowy do docelowo co najmniej 10 kamer, skoordynowanych we wspólnym układzie współrzędnych, umożliwiających w szczególności: (i) zwiększenie pola pomiaru odkształceń, (ii) równoczesny pomiar odkształceń po obu stronach płaskiej próbki, (iii) możliwość konfiguracji kamer w układzie 360° w celu pomiaru obiektów cylindrycznych na całym obwodzie;

Zamawiający przed udzieleniem zamówienia, wezwie wykonawcę, którego oferta została najwyżej oceniona, do złożenia w wyznaczonym, nie krótszym niż 5 dni, terminie aktualnej na dzień złożenia dokumentacji technicznej potwierdzającej, że oferowane dostawy spełniają wymagania określone przez Zamawiającego, tj. zapewniają możliwość zastosowania takiego układu pomiarowego w oferowanym systemie. Przez dokumentację techniczną rozumie się m.in. specyfikacje techniczne udostępniane przez producentów i dystrybutorów, karty produktu, karty katalogowe produktu, opisy, fotografie.

- 4) W związku z planowaną dalszą rozbudową urządzenia system musi współpracować z mikroskopami stereoskopowymi umożliwiając pomiary w technice cyfrowej korelacji obrazu 3D dla co najmniej 2 kamer i obiektów o wielkości w zakresie nie mniejszym niż 1 cm<sup>2</sup> do 1 mm<sup>2</sup>;

Zamawiający przed udzieleniem zamówienia, wezwie wykonawcę, którego oferta została najwyżej oceniona, do złożenia w wyznaczonym, nie krótszym niż 5 dni, terminie aktualnej na dzień złożenia dokumentacji technicznej potwierdzającej, że oferowane dostawy spełniają wymagania określone przez Zamawiającego, tj. zapewniają możliwość zastosowania takiego układu pomiarowego w oferowanym systemie. Przez dokumentację techniczną rozumie się m.in. specyfikacje techniczne udostępniane przez producentów i dystrybutorów, karty produktu, karty katalogowe produktu, opisy, fotografie.

- 5) Oferowany system DIC powinien spełniać minimum 2 z poniższych zaleceń:
  - a) Standardization Project for Optical Techniques of Strain Measurement;

- b) Validation of Numerical Engineering Simulations: Standardization Actions (VANESSA);
- c) Advanced Dynamic Validations using Integrated Simulation and Experimentation (ADVISE).

#### **4 Szczegółowy opis wymaganych parametrów oprogramowania**

- 1) Ocena trójwymiarowej deformacji i odkształcenia badanych obiektów;
- 2) Interakcyjne określanie obszarów oceny – nakładanie maski;
- 3) Automatyczne szukanie punktów startowych dla algorytmu korelacji obrazu z możliwością ręcznej ich zmiany przez użytkownika;
- 4) Kalibracja na podstawie zewnętrznego układu współrzędnych (tablice kalibracyjne) i kalibrację wewnętrzną (układem współrzędnych powinien być chip kamery);
- 5) Moduł szybkiej kalibracji standardowej na podstawie automatycznie zachowywanych, w chwili ustalonej przez oprogramowanie, obrazów wzorca kalibracyjnego;
- 6) Moduł do tworzenia własnych wzorców kalibracyjnych o dowolnej wielkości umożliwiający wydruk zarówno jednostronnych jak i dwustronnych wzorców kalibracyjnych z indywidualnym kodem QR automatycznie rozpoznawanym przez oprogramowanie; Moduł musi umożliwiać pomiar błędu (odchylenie standardowe) określanego po wydruku na podstawie porównania z certyfikowanym wzorcem kalibracyjnym;
- 7) Proces kalibracji wszystkich kamer musi odbywać się jednocześnie, bez przerwy w jednym ciągu pomiarowym dla wszystkich kamer, w jednym układzie współrzędnych z wykorzystaniem tego samego wzorca kalibracyjnego;
- 8) Maksymalny czas kalibracji nie może przekraczać 2 minut;
- 9) Oprogramowanie musi na bieżąco informować użytkownika o jakości kalibracji (wartość błędu pomiarowego) umożliwiając wcześniejsze zakończenie kalibracji;
- 10) Oprogramowanie musi rejestrować temperaturę chipów wszystkich kamer i zapisywać je w trakcie procesu kalibracji w pliku kalibracyjnym. Oprogramowanie musi informować użytkownika, kiedy temperatura kamer jest wystarczająco stabilna aby rozpocząć proces kalibracji i pomiaru;
- 11) Oprogramowanie musi w czasie rzeczywistym wyświetlać w postaci wyskalowanej mapy kolorów wartości maksymalne i minimalne błędów pomiarowych dla całej analizowanej powierzchni przed wykonaniem pomiaru w celu poprawy parametrów korelacji takich jak wielkość siatki pomiarowej oraz określenia wpływu zmiany ostrości, przysłony oraz oświetlenia na wartość błędu pomiarowego (odchylenie standardowe);
- 12) Oprogramowanie musi wyświetlać położenie kamer w postaci graficznej w trójwymiarowym układzie współrzędnych wraz z odległością między kamerami oraz odległością kamer od wzorca kalibracyjnego;
- 13) Oprogramowanie musi umożliwiać ręczną edycję siatki pomiarowej po wykonanym pomiarze i eliminacji dowolnych punktów siatki (wraz z odpowiadającymi tym obszarom wyliczeń, map deformacji i odkształceń) bez konieczności ponownej analizy danych. Usunięte obszary nie mogą być uwzględniane przy wyliczaniu deformacji i odkształceń. Proces ten musi być odwracalny. Mapy deformacji i odkształceń muszą być automatycznie aktualizowane w zależności od tego czy punkty (lub obszary) siatki zostały usunięte lub przywrócone;
- 14) Możliwość wyboru parametrów oceny, takich jak: poszukiwany obszar, rozmiar okna korelacji, siatka oceny, kryterium zatrzymania, interpolacja w stopniach szarości;

- 15) Pomiar rozkładu składowych stanu odkształcenia (x, y, z);
- 16) Wyznaczanie rozkładu odkształceń głównych: 1, 2;
- 17) Wyznaczanie rozkładu przemieszczeń powierzchni badanego obiektu w kierunkach: X, Y, Z;
- 18) Wizualizacja wektorowa kierunków i wartości deformacji ze skalowalną długością wektorów;
- 19) Wyznaczanie wartości przemieszczeń i odkształceń wzdłuż linii pomiarowych określonych przez użytkownika;
- 20) Pomiar i wizualizacja graficzna 3D rzeczywistej grubości próbek wraz z mapą kolorów reprezentujących grubość próbek oraz odkształcenia w osi z;
- 21) Generowanie wykresów przedstawiających rzeczywistą grubość próbki w układzie 3D wzdłuż dowolnych linii pomiarowych wybranych przez użytkownika;
- 22) Korelacja w czasie rzeczywistym wraz z wyświetlaniem na monitorze dowolnych wartości deformacji i odkształceń w osiach x,y,z;
- 23) Wyznaczanie obszaru obliczeniowego na zdjęciach (tzw. maska obliczeniowa) i kilku niezachodzących na siebie obszarów obliczeniowych;
- 24) Możliwość redefiniowania układu współrzędnych na podstawie wskazanych przez użytkownika dowolnych 3 punktów wyznaczających osie x, y, z;
- 25) Automatyczny lub ręczny wybór punktu początkowego, od którego rozpocznie się proces obliczeniowy;
- 26) Filtrowanie wyników w celu zlikwidowania szumu lub uwydatnienia efektów lokalnych;
- 27) Moduł tworzenia własnych formuł obliczeniowych z zastosowaniem wyników analizy odkształcenia i wartości pomiarowych z sygnałów analogowych, np. wyznaczenie modułu Younga, współczynnika rozszerzalności termicznej oraz dowolnych obliczeń zdefiniowanych przez użytkownika;
- 28) Moduł analizy prędkości i przyspieszenia dowolnie wybranych punktów;
- 29) Moduł analizy zmiany odległości między dowolnie wybranymi punktami;
- 30) Moduł obliczający współczynnik rozszerzalności termicznej (CTE);
- 31) Moduł szybkiej transformacji Fouriera (FFT) umożliwiający importowanie danych z ultraszybkich kamer;
- 32) Możliwość prezentacji analiz dynamicznych zarówno dla wybranych fragmentów (punktów) jak i dla całej powierzchni w postaci wektorowej;
- 33) Możliwość wyświetlania podczas analizy następujących elementów: kolorowe mapy odkształceń, siatkę odkształceń, obraz z kamery, cyfrowy obraz próbki (skaner 3D) oraz złożenia: mapa odkształcenia na obrazie z kamery, także obraz z kamery na cyfrowym obrazie próbki;
- 34) Możliwość wyboru przez użytkownika obszarów pomiarowych i dostosowywania ich rozdzielczości;
- 35) Możliwość tworzenia własnych obliczeń i makr dzięki wbudowanemu modułowi typu Matlab lub SciLab;
- 36) Możliwość przywrócenia wszystkich zdefiniowanych ustawień oprogramowania do ustawień fabrycznych;

- 37) Automatyczne odnajdywanie i wskazywanie na generowanych mapach przemieszczeń i odkształceń wartości maksymalnych i minimalnych;
- 38) Możliwość analizy danych pomiarowych prowadzonych przy użyciu wielu kamer - do co najmniej sześciu kamer łącznie - skoordynowanych tak, by wyniki ze wszystkich kamer odnosiły się do tego samego układu współrzędnych (tablicy kalibracyjnej);
- 39) Możliwość synchronizacji i analizy danych pochodzących z kilku kamer w celu stworzenia obrazu przemieszczeń i odkształceń obiektów cylindrycznych na całym ich obwodzie (360 stopni);
- 40) Automatyczne generowanie filmów obrazujących wyniki pomiarów (przemieszczeń lub odkształceń) wraz ze zintegrowanym wykresem ilustrującym zmianę określonych przez użytkownika wielkości;
- 41) Funkcja „replay” umożliwiająca odtworzenie zarejestrowanego przebiegu testu zarówno surowego obrazu kamer jak i wyników korelacji (map deformacji 3D i odkształcenia);
- 42) Możliwość prezentacji wyników w postaci graficznej, z opcją wprowadzania skali ręcznej lub automatycznej (autoskalowanie);
- 43) Eksport wyników w m. in. następujących formatach: STL, ASCII, HDF5;
- 44) Automatyczne porównanie wyników pomiarów z wynikami obliczeń MES importowanymi do programu ANSYS;
- 45) Możliwość wyznaczenia i wizualizacji dla wskazanych punktów lub obszarów następujących wielkości: współrzędne 3D, przemieszczenia 3D, odkształcenia, odkształcenia główne i ich kierunki, odkształcenie inżynierskie, odkształcenia Lagrange’a, zmiana odległości;
- 46) Programowanie dla każdego pomiaru przemieszczenia oraz pomiaru odkształcenia (punkt, linia pomiarowa, obszar pomiarowy) musi podawać indywidualnie błęd pomiarowy w postaci odchylenia standardowego;
- 47) Interfejs oprogramowania w języku polskim lub angielskim.
- 48) Zamawiający przed udzieleniem zamówienia, wezwie wykonawcę, którego oferta została najwyżej oceniona, do złożenia w wyznaczonym, nie krótszym niż 5 dni, terminie aktualnej na dzień złożenia dokumentacji technicznej potwierdzającej, że oferowane dostawy spełniają wymagania określone przez Zamawiającego w pkt. 44-46. Przez dokumentację techniczną rozumie się m.in. specyfikacje techniczne udostępniane przez producentów i dystrybutorów, karty produktu, karty katalogowe produktu, opisy, wyniki pomiarów.

## **5 Sposób realizacji zamówienia**

- 1) Wykonawca przed podpisaniem protokołu odbioru musi zademonstrować wszystkie wyżej wymienione cechy systemu cyfrowej korelacji obrazu podczas teoretycznego i praktycznego szkolenia pracowników Zamawiającego w zakresie użytkowania i konserwacji zakupionego systemu. Szkolenie powinno odbyć się niezwłocznie po przeprowadzeniu montażu i uruchomienia przedmiotu zamówienia. Przeprowadzenie szkolenia zostanie odnotowane w protokole zdawczo-odbiorczym
- 2) Zakup zostanie sfinansowany ze środków przyznanych przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu OPUS "Mechanika przedniej ściany jamy brzusznej w procesie optymalizacji leczenia przepuklin " zgodnie z porozumieniem UMO-2017/27/B/ST8/02518 z dnia 2018-08-08, numer zadania 033265.

- 3) Wymagany okres gwarancji – co najmniej 12 miesięcy od daty podpisania protokołu odbioru. Okres gwarancji nie może ograniczać gwarancji producentów poszczególnych urządzeń, tj. nie może być krótszy niż okres gwarancji deklarowany przez producentów składników oferowanego systemu. Okres gwarancji jest jednym z kryteriów oceny ofert, w którym Zamawiający przyzna dodatkowe punkty zgodnie z zasadami określonymi w rozdziale XIV SIWZ.
- 4) Wsparcie techniczne - Bezpłatne aktualizacje oprogramowania w okresie nie krótszym niż 12 miesięcy od daty dostarczenia systemu oraz wsparcie techniczne i pomoc w usuwaniu awarii urządzenia poprzez udzielanie wskazówek dotyczących sposobu radzenia sobie z trudnościami podczas pracy urządzenia. Wsparcie techniczne odbywać się będzie telefonicznie, drogą elektroniczną lub osobiście w siedzibie Zamawiającego. Okres wsparcia technicznego jest jednym z kryteriów oceny ofert, w którym Zamawiający przyzna dodatkowe punkty zgodnie z zasadami określonymi w rozdziale XIV SIWZ.