***Załącznik nr 3 do SWZ Zmodyfikowany***

**SZCZEGÓŁOWY OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA**

Przedmiotem zamówienia jest dostawa fabrycznie nowego zestaw do pomiarów tensometrycznych co najmniej o poniższych parametrach technicznych:

1. **System pomiarowy** 
   1. Wymagane parametry i funkcjonalności systemu pomiarowego:
2. budowa umożliwiająca beznarzędziowy montaż;
3. konfiguracje scentralizowane i rozproszone (możliwość umiejscowienia jednego z modułów na odległym miejscu konstrukcji mostu i poprowadzenia od niego krótkich przewodów do sensorów);
4. łączenie łańcuchowe jednostek za pomocą jednego kabla dla zasilania i danych;
5. wodo- i pyłoszczelność systemu: co najmniej IP 66 dla wszystkich modułów, przewody o zwiększonej wodo i pyłoszczelności - standard IP złącza co najmniej IP66, oraz zaślepki dla nieużywanych kanałów, możliwość zaślepienia wszystkich kanałów (48 sztuk);
6. Używanie z oprogramowaniem komputerowym oraz wbudowaną aplikacją pokładową (dostępną przez przeglądarkę internetową);
7. izolacja międzykanałowa do co najmniej 100 V;
8. możliwość częstotliwości próbkowania dla modułu co najmniej 48 kHz i szerokość pasma co najmniej 8 kHz przy 24 bitach;
9. wsparcie dla IEEE1451.4 TEDS Class 1 & 2;
10. odporność na wstrząsy co najmniej 100g i wibracje co najmniej 10g;
11. zakres temperatur pracy umożliwiający pracę w zakresie co najmniej -40oC do + 65 oC.
    1. Wymagane parametry i funkcjonalności jednostki rejestracyjnej i komunikacyjnej i zasilającej:
12. przepustowość magistrali co najmniej 6.5 MSamples/s;
13. wejścia cyfrowe: co najmniej 4 szyny CAN oraz co najmniej 3 złącza dla impulsów cyfrowych (co najmniej 9 kanałów) lub enkoderów, wsparcie dla CAN zgodne z ISO11898;
14. co najmniej 1 Wejście GNSS, w zestawie anteny GNSS oraz Wi-Fi;
15. wbudowany co najmniej 1 dysk SSD o pojemności co najmniej 240GB;
16. złącze co najmniej 1x Ethernet (1GbE), 1x USB(3.0) lub wyższe oraz Wi-Fi;
17. synchronizacja wszystkich połączonych jednostek;
18. wbudowana aplikacja pomiarowa z możliwością konfiguracji kanałów pomiarowych oraz sposobu pomiaru, przeprowadzenia pomiaru oraz rejestracji;
19. możliwość podglądu sygnałów podczas przeprowadzania pomiaru „on-line”;
20. możliwość zdalnego uruchomienia pomiaru za pomocą dedykowanej aplikacji;
21. możliwość wykonania pomiarów pojedynczych i cyklicznych;
22. możliwość wykonania operacji statystycznych na sygnałach (co najmniej: min, max, średnia, RMS).
    1. Wymagane parametry i funkcjonalności jednostki zasilającej:
23. jednostka zasilająca dostarczająca do łańcucha jednostek stabilne zasilanie buforowe sieciowe oraz akumulatorowe (bateryjne) z możliwością przełączania trybu pracy;
24. bufor bezprzerwowego zasilania dla rozruchu i bezpiecznego wyłączenia;
25. zdalne włączanie/wyłączanie za pomocą zewnętrznego sygnału napięciowego lub przełącznika;
26. centralny włącznik/wyłącznik systemu.
    1. Wymagane parametry i funkcjonalności analizatorów sygnałów, jednostki pomiarowe:
27. co najmniej 48 kanałów pomiarowych umożliwiających synchroniczną realizację pomiaru, rozdzielone na co najmniej 3 niezależne moduły pomiarowe, możliwość umiejscowienia każdego z modułów na odległym miejscu konstrukcji mostu bez dodatkowej obudowy i poprowadzenia od niego krótkich przewodów do sensorów;
28. obsługa co najmniej 24 czujników w technologii IEPE ze wsparciem dla technologii TEDS z częstotliwością próbkowania co najmniej 48kHz synchronicznie;
29. co najmniej 48 kanałów ze wsparciem tensometrów o oporności 350 Ω lub 120 Ω pracujących w układzie pełnego mostka, półmostka lub ćwierćmostka;
30. możliwość filtracji co najmniej: filtr Butterworth’a, Bassel’a;
31. obsługa co najmniej 24 sensorów LVDT, lub PT100, lub PT1000;
32. obsługa co najmniej 24 czujników potencjometrycznych;
33. obsługa co najmniej 24 kanałów napięciowych z napięciem do co najmniej 60V, obsługa co najmniej 24 kanałów napięciowych do co najmniej 10 V;
34. napięcie zasilania dla aktywnych przetworników co najmniej 24V DC;
35. obsługa przetworników 0/4-20 mA;
36. obsługa czujników piezorezystancyjnych, tachometrycznych, indukcyjnych;
37. obsługa czujników z zasilaniem zewnętrznym;
38. **Oprogramowanie**
39. Oprogramowanie do rejestracji i eksportu wyników co najmniej o poniższych funkcjonalnościach:
40. oprogramowanie pozwalające na pełną konfigurację pomiarów włącznie z definicją wszystkich kanałów pomiarowych obsługiwanego analizatora oraz parametrów podłączonych czujników;
41. obsługa wielu częstotliwości próbkowania w zależności od kanału/modułu pomiarowego; możliwość wyboru częstotliwości próbkowania w zależności np. od typu kanału pomiarowego, (inna dla tensometrii, inna dla czujnika drgań). Dedykowane rozwiązanie do przeprowadzania kalibracji, kalibracja obsługiwanych urządzeń pomiarowych;
42. konfiguracja pomiaru: wyzwalanie pomiarów manualne lub z dowolnego kanału;
43. akwizycja danych, ich obróbka, wizualizacja i raportowanie wyników, eksport wyników do formatów, co najmniej uniwersalnych np. UNV, txt, \*.xls;
44. licencja: pełna licencja komercyjna bez ograniczeń związanych z wykorzystaniem komercyjnym, dożywotnia, z rocznym wsparciem technicznym - profesjonalna pomoc w konfiguracji, szczegółowe instrukcje użytkowania zakupionego sprzętu oraz wskazówki jak poradzić sobie z trudnościami podczas pracy z urządzeniami; wsparcie techniczne obejmuje ponadto update do najnowszej wersji oprogramowania. Wsparcie techniczne odbywać się będzie przez email, system internetowy i telefon;
45. Oprogramowanie umożliwiającą wykonanie złożonych analiz przetwarzania sygnałów pomiarowych co najmniej o poniższych funkcjonalnościach:
46. możliwość definicji parametrów akwizycji przebiegów czasowych oraz wizualizacji zarejestrowanych wyników;
47. możliwość stosowania operacji logicznych, matematycznych i trygonometrycznych, całkowanie i różniczkowanie oraz filtrację;
48. wsparcie dla technologii TEDS;
49. dedykowane narzędzie w postaci tabeli przestawnej umożliwiającej przegląd danych statystycznych, surowych przebiegów czasowych;
50. możliwość odczytu sygnału online zapewniające aktualne informacje o postępach pomiarów oraz umożliwiające podczas gromadzenia danych na wizualizację danych czasowych, FFT, statystyk lub kanałów wirtualnych;
51. konfiguracja kanału wirtualnego, automatyczne ustawianie zakres kanałów;
52. analiza sygnałów: co najmniej wykonanie analizy FFT, analizy oktawowe i tercjowe, PSD, mapy spektralne, wartości skuteczne, analiza rzędów;
53. możliwość wyznaczania funkcji przejścia wielkości fizycznych dla konstrukcji;
54. Operational Deflection Shape – wizualizacja zmierzonych drgań konstrukcji na uproszczonym modelu geometrycznym bazujące na spektrum, FRF i cross-spektrum;
55. możliwość analizy trwałości, stress-life, strain-life;
56. możliwość analizy wytrzymałości zmęczeniowej, analizy bazujące na metrykach Rainflow;
57. wbudowane przetwarzanie modeli symulacyjnych z testowaniem systemu w oparciu o model (modelbased system testing).
58. Licencja: pełna licencja bez ograniczeń związanych z wykorzystaniem komercyjnym, dożywotnia, z rocznym wsparciem technicznym. Wsparcie techniczne poprzez profesjonalną pomoc w konfiguracji, szczegółowe instrukcje użytkowania zakupionego sprzętu oraz wskazówki jak poradzić sobie z trudnościami podczas pracy z urządzeniami; wsparcie techniczne obejmuje ponadto update do najnowszej wersji oprogramowania. Wsparcie techniczne odbywać się będzie przez email, system internetowy i telefon.
59. Oprogramowanie co najmniej o poniższych funkcjonalnościach:
60. umożliwiające walidację obliczeń i porównanie danych dzięki zastosowaniu tabel przestawnych w połączeniu z automatycznymi wyświetlaczami zapewniającymi bezpośredni wgląd w dane;
61. narzędzia pozwalające budować lub edytować procesy obróbki danych pomiarowych, które odwzorowują procedury, w środowisku graficznym. Metody muszą umożliwiać co najmniej: dodawanie, usuwanie, przenoszenie, kopiowanie, wklejanie, podłączanie oraz tworzenie metod łączonych. Osadzenie skryptu w procesie - możliwość implementacji metody przy użyciu co najmniej MATLAB, Python;
62. wykorzystanie standardu FMU zawierających modele symulacyjne podczas testów fizycznych;
63. możliwość przeprowadzania pomiarów wibroakustycznych, pomiarów drgań obiektów;
64. możliwość przeprowadzania wibroakustycznego TPA (analizy ścieżek przejścia sygnału);
65. pakiet narzędzi dedykowanych – do pomiarów i analiz akustycznych, akustyki architektonicznej, akustyki wnętrz, oraz psychoakustyki, pomiary i analizy jakości dźwięku (Sound Quality);
66. możliwość przeprowadzania zaawansowanych testów wibracyjnych w pętli kontroli sprzężenia zwrotnego;
67. możliwość przeprowadzenia testu modalnego eksperymentalnego na obiekcie przy pomocy młotka modalnego lub wzbudnika modalnego;
68. możliwość przeprowadzania eksperymentalnej oraz operacyjnej analizy modalnej obiektu;
69. licencja: wersja akademicka do dydaktyki i badań niekomercyjnych, licencja dożywotnia.
70. **Sensory**
71. **Zestaw jednoosiowych oraz trójosiowych akcelerometrów MEMS wraz z przewodami   
    i akcelerometrami:**
72. Komplet 3 jednoosiowych akcelerometrów MEMS DC:
73. Liczba osi pomiarowych: co najmniej 1
74. Typ czujnika: MEMS, DC
75. Czułość (± 3%): 270 mV/g
76. Zakres pomiarowy: ±10 g pk
77. Zakres częstotliwości (± 10 %): 0 Hz do 1500 Hz
78. Nieliniowość: ≤1 %
79. Czułość na ruchy poprzeczne: ≤3%
80. Odporność na udar: ± 5000 g
81. Zakres temp. pracy: −54°C do +121°C
82. Współczynnik temperaturowy czułości: ±2,5 %
83. Napięcie zasilania: co najmniej 8 V do 30 V DC
84. Szum spektralny: 50 µg/√Hz
85. Materiał obudowy: anodyzowane aluminium lub stal nierdzewna
86. Wymiary, nie większe niż 8x22x26mm
87. Masa: nie więcej niż 20 gram
88. Złącze elektryczne: zintegrowany przewód co najmniej 3 m
89. Przewód przedłużający zakończony złączem kompatybilnym z analizatorem
90. Montaż poprzez otwory przelotowe przy pomocy śrub montażowych
91. Czujnik musi posiadać fabryczny protokół kalibracji

1. Komplet 3 jednoosiowych akcelerometrów MEMS DC:
2. Liczba osi pomiarowych: co najmniej 1
3. Typ czujnika: MEMS, DC
4. Czułość (± 3%): 1350 mV/g – do dyskusji
5. Zakres pomiarowy: co najmniej ±2 g pk
6. Zakres częstotliwości (± 10 %): 0 Hz do 350 Hz
7. Nieliniowość: ≤1 %
8. Zakres temp. pracy: −54°C do +121°C
9. Współczynnik temperaturowy czułości: ±2,5 %
10. Napięcie zasilania: co najmniej 8 V do 30 V DC
11. Szum spektralny, maks: 20 µg/√Hz
12. Materiał obudowy: anodyzowane aluminium lub stal nierdzewna
13. Wymiary, nie większe niż 9x22x26mm
14. Masa, nie przekracza: 10 gram
15. Złącze elektryczne: zintegrowany przewód co najmniej 3 m
16. Przewód przedłużający zakończony złączem kompatybilnym z analizatorem
17. Montaż poprzez otwory przelotowe przy pomocy śrub montażowych
18. Czujnik musi posiadać fabryczny protokół kalibracji

1. Komplet 2 trójosiowych akcelerometrów MEMS DC :
2. Liczba osi pomiarowych: co najmniej 3
3. Typ czujnika: MEMS, DC
4. Czułość (± 3%): 135 mV/g
5. Zakres pomiarowy: ±10 g pk
6. Zakres częstotliwości (± 10 %): 0 Hz do 1500 Hz
7. Nieliniowość: ≤1 %
8. Napięcie zasilania, zakres co najmniej: 8 V do 30 V DC
9. Szum spektralny: maks. 50 µg/√Hz
10. Materiał obudowy: tytan lub stal nierdzewna
11. Wymiary nie większe niż 24x24x24 mm
12. Masa, nie przekracza: 120 gram
13. Złącze elektryczne: zintegrowany przewód co najmniej 3 m
14. Przewód przedłużający zakończony złączem kompatybilnym z analizatorem
15. Czujnik musi posiadać fabryczny protokół kalibracji
16. Hermetyczna obudowa

1. **Zestaw inklinometrów i czujników linkowych**
2. Komplet 4 inklinometrów:
3. Liczba osi pomiarowych: co najmniej 1
4. Zakres pomiarowy: ±10°
5. Rozdzielczość (w punkcie zerowym): 0,01°
6. Tolerancja pomiaru kąta: ± 0,15°
7. Zakres temp. pracy: −40°C do +80°C
8. Współczynnik temperaturowy: ± 0,009°/K
9. Napięcie zasilania: 11 V 30 V DC
10. Materiał obudowy: ABS
11. Wymiary: 65 x 35 x 20 mm
12. Masa: ok. 55 gram
13. Interfejs: napięciowy 0-10 V
14. Złącze elektryczne: zintegrowany przewód M12
15. Stopień ochrony przy prawidłowym podłączeniu złącza: IP67
16. Przewód przedłużający zakończony złączami kompatybilnymi z analizatorem
17. Montaż: otwory przelotowe

1. Komplet 6 inklinometrów:
2. Liczba osi pomiarowych: co najmniej 1
3. Zakres pomiarowy: ±60°
4. Rozdzielczość (w punkcie zerowym): 0,06°
5. Tolerancja pomiaru kąta: ± 0,5°
6. Zakres temp. pracy: −40°C do +80°C
7. Współczynnik temperaturowy: ± 0,009°/K
8. Napięcie zasilania: 11 V 30 V DC
9. Materiał obudowy: ABS
10. Wymiary: 65 x 35 x 20 mm
11. Masa: ok. 55 gram
12. Interfejs: napięciowy 0-10 V
13. Złącze elektryczne: zintegrowany przewód M12
14. Stopień ochrony przy prawidłowym podłączeniu złącza: IP67
15. Przewód przedłużający zakończony złączami kompatybilnymi z analizatorem
16. Montaż: otwory przelotowe

1. Komplet 4 czujników linkowych :
2. Potencjometryczny czujnik linkowy drogi
3. Zakres pomiarowy: 250 mm
4. Liniowość: ±0,1%
5. Zakres temp. pracy: −20°C do +80°C
6. Materiał obudowy: plastik
7. Materiał i grubość linki: stal pokryta poliamidem, fi 0,36 mm
8. Zakończenie oczkiem montażowym
9. Maksymalna siła wyciągania: około 2,5 N
10. Masa: ok. 45 gram
11. Stopień ochrony: IP20
12. Przyłącze: pola lutownicze
13. Przewód przyłączeniowy zakończony złączem kompatybilnym z analizatorem
14. Montaż: poprzez otwory montażowe lub rowki montażowe

1. **Zestaw przetworników tensometrycznych**
2. Belki tensometryczne o różnych konfiguracjach, zastosowanie dydaktyczne – co najmniej 8 sztuk Zestaw tensometrów o różnej konfiguracji do klejenia na powierzchniach betonowych oraz elementach stalowych wraz z akcesoriami do przygotowywania powierzchni i klejenia oraz zabezpieczania. Co najmniej 50 sztuk tensometrów.
3. W skład zestawu wchodzą co najmniej:
4. kleje,
5. zmywacze,
6. folie teflonowe,
7. taśmy,
8. listwy lutownicze,
9. stacja lutownicza,
10. drut lutowniczy
11. **Akcesoria**
12. Przewody pozwalające na łączenie modułów między sobą, przewody łączące moduły z pozostałymi elementami systemu w tym z sensorami
13. Walizka transportowa
14. Zasilacz
15. Anteny GNSS, anteny WI-FI
16. Zaślepki ochronne na konektory
17. Akcesoria umożliwiające montaż w skrzyni do zabudowy
18. Router sieciowy
    1. Moduł umożliwiający komunikację zdalną (LTE), współpracujący z analizatorem
19. Skrzynia do zabudowy (transportu) elementów systemu
    1. Kompatybilna z systemem pomiarowym lekka skrzynia do transportu lub zabudowy elementów systemu.
20. **Jednostki do Rejestracji i analizy**
21. Komputer pomiarowy do pomiarów w terenie, w trudnych warunkach środowiskowych o co najmniej poniższych parametrach technicznych:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Lp.** | **Nazwa**  **komponentu** | **Wymagane minimalne parametry techniczne** |
|  | Procesor | Zaoferowany procesor musi uzyskiwać w teście PassMark CPU Mark wynik co najmniej **9 500 pkt**. Wynik zaoferowanego procesora musi znajdować się na stronie internetowej: <https://www.cpubenchmark.net/high_end_cpus.html>  Wynik testu zaoferowanego procesora nie może być starszy niż data ogłoszenia postępowania. |
|  | Pamięć RAM | Zainstalowana pamięć operacyjna RAM co najmniej o pojemności 16 GB |
|  | Dysk | Wbudowany wewnętrzny 1 x SSD, PCIe o pojemności co najmniej 512 GB. |
|  | Karta  graficzna | Zaoferowana karta graficzna musi uzyskiwać w teście PassMark G3D Mark wynik co najmniej **2 500 pkt**. Wynik zaoferowanego układu graficznego musi znajdować się na stronie internetowej: [*http://www.videocardbenchmark.net/high\_end\_gpus.html*](http://www.videocardbenchmark.net/high_end_gpus.html)  Wynik testu zaoferowanej karty graficznej nie może być starszy niż data ogłoszenia postępowania. |
|  | Matryca | Co najmniej 14’’ FHD 1920x1080 |
|  | Porty i złącza | Co najmniej: karta sieciowa Ethernet, USB, RS 232 |
|  | Obudowa i pozostałe wymagania | Komputer o odporności na pył i wodę co najmniej IP53  Bateria i ładowarka |
|  | System operacyjny | Zainstalowany na sprzęcie system operacyjny w języku polskim  MS Windows 10/11 PRO PL w wersji 64-bit lub „równoważny” pozwalający na.  - uruchomienie aplikacji 64-bitowych;  - pracę w domenie MS Windows;  Zamawiający wymaga, aby system operacyjny został dostarczony wraz z licencją pozwalającą na użytkowanie oprogramowania. |
|  | Warunki gwarancji | W okresie co najmniej 12 miesięcy od daty potwierdzenia należytego wykonania zamówienia. W przypadku wymiany gwarancyjnej sprzętu uszkodzone dyski pozostają u klienta |

1. Komputer pomiarowy do pomiarów w laboratorium o co najmniej poniższych parametrach technicznych:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Lp.** | **Nazwa**  **komponentu** | **Wymagane minimalne parametry techniczne** |
|  | Procesor | Zaoferowany procesor musi uzyskiwać w teście PassMark CPU Mark wynik co najmniej **9 500 pkt**. Wynik zaoferowanego procesora musi znajdować się na stronie internetowej: <https://www.cpubenchmark.net/high_end_cpus.html>  Wynik testu zaoferowanego procesora nie może być starszy niż data ogłoszenia postępowania. |
|  | Pamięć RAM | Zainstalowana pamięć operacyjna RAM co najmniej o pojemności 32 GB |
|  | Dysk | Wbudowany wewnętrzny 1 x SSD, PCIe o pojemności co najmniej 512 GB. |
|  | Karta  graficzna | Zaoferowana karta graficzna musi uzyskiwać w teście PassMark G3D Mark wynik co najmniej **3 500 pkt**. Wynik zaoferowanego układu graficznego musi znajdować się na stronie internetowej: [*http://www.videocardbenchmark.net/high\_end\_gpus.html*](http://www.videocardbenchmark.net/high_end_gpus.html)  Wynik testu zaoferowanej karty graficznej nie może być starszy niż data ogłoszenia postępowania. |
|  | Matryca | Co najmniej 15’’ FHD 1920x1080 |
|  | Porty i złącza | Co najmniej: karta sieciowa Ethernet, USB |
|  | Obudowa i pozostałe wymagania | Bateria i ładowarka |
|  | System operacyjny | Zainstalowany na sprzęcie system operacyjny w języku polskim  MS Windows 10/11 PRO PL w wersji 64-bit lub „równoważny” pozwalający na.  - uruchomienie aplikacji 64-bitowych;  - pracę w domenie MS Windows;  Zamawiający wymaga, aby system operacyjny został dostarczony wraz z licencją pozwalającą na użytkowanie oprogramowania. |
|  | Warunki gwarancji | W okresie co najmniej 12 miesięcy od daty potwierdzenia należytego wykonania zamówienia. W przypadku wymiany gwarancyjnej sprzętu uszkodzone dyski pozostają u klienta |

1. **Instruktaż stanowiskowy z obsługi Aparatury i oprogramowania**
2. Instruktaż będzie prowadzony przez specjalistów w zakresie sprzedaży lub użytkowania Aparatury do pomiarów tensometrycznych , dla co najmniej 5 osób, na miejscu u klienta
3. Instruktaż stanowiskowy z obsługi Aparatury oraz oprogramowania wraz ze wstępem teoretycznym
   1. Część teoretyczna (wykład)
4. podstawy pomiarów wielkości fizycznych;
5. pomiary i analizy wibroakustyczne.
   1. Część praktyczna
6. Pomiary dynamiki strukturalnej budowli, elementów budowlanych
7. Pomiary funkcji przejścia
8. Obsługa analizatora oraz oprogramowania od strony praktycznej

Instruktaż w formie warsztatów praktycznych z zakresu tensometrii elektrooporowej (dla co najmniej 5 osób). Każdy uczestnik otrzymuje materiały instruktażowe (w tym co najmniej 6szt. tensometrów dla każdej osoby)

3. Szczegóły instruktażu:

3.1). Część teoretyczna (wykład) ok. 2 godziny:

1. Czym są i jakie rozróżniamy rodzaje tensometrów.
2. Zasada działania tensometru oraz mostka Wheatstone’a.
3. Konfiguracje mostków tensometrycznych oraz ich zastosowanie.
4. Metoda instalacji tensometrów.
5. Zasilanie mostków tensometrycznych oraz pomiar i konwersja jednostek fizycznych na inżynierskie.

3.2). Część praktyczna (warsztaty):

Podczas części praktycznej uczestnicy instruktażu przygotują własną instalację tensometryczną (1 tensometr w konfiguracji ćwierć-mostka, 2 tensometry w konfiguracji pół-mostka, 3 tensometry w konfiguracji typu rozeta, 4 tensometry w konfiguracji pełnego mostka) na metalowym elemencie. Każdy etap wykonania instalacji zostanie najpierw zaprezentowany przez prowadzącego instruktaż, a następnie powtórzony przez uczestników. Na koniec przygotowane tensometry zostaną podłączone do rejestratora w celu konfiguracji programu oraz odczytu wyników.

1. Warunki gwarancji Aparatury

Co najmniej **12 miesięcy** od daty potwierdzenia należytego wykonania zamówienia