

# VibroDAQ i VibroDAQ portable – systemy wyważania Made in Poland

Firma RK-System od wielu lat zajmuje się m.in. systemami przeznaczonymi do pomiaru drgań i wyważania elementów wirujących. Na przestrzeni lat powstało kilka typów urządzeń pomiarowych. Konstruktorzy nie tylko pracują nad rozwijaniem urządzeń już istniejących, ale też opracowują nowe modele. Dodawane są kolejne funkcje pomiarowe, poprawiane są błędy. Wszystko z pożytkiem dla użytkowników.

Systemy wyważania RK-System wyrobiły już sobie dobrą markę wśród wielu przedsiębiorstw przemysłowych w Polsce i za granicą. Są chętnie stosowane nie tylko przez tak wielkie instytucje jak cementownie czy elektrownie. Sięgają po nie nawet modelarze budujący modele śmigłowców. Pierwsze urządzenia wymagały współpracy z komputerem, ostatni model – VibroDAQ Portable – jest przystosowany do prowadzenia wszystkich pomiarów z zachowaniem pełnej autonomności. Opcja współpracy z komputerem została jednak zachowana, w wielu przypadkach taki rodzaj pracy jest preferowany przez użytkowników.

## Krótko o zasadzie działania wyważarki

Zasada działania systemu wyważania jest z teoretycznego punktu widzenia dość prosta. Nie zawsze jednak to, co jest proste w teorii, daje się prostymi środkami zrealizować w praktyce. Przypomnijmy więc: element obrotowy uważamy za wyważony (niegenerujący wibracji), jeśli jego środek masy będzie usytuowany w osi obrotu. Aby pomiarowo sprawdzić tę niby prostą zależność, należałoby wykonać obliczenia wielu całek, niezbędnych do wyznaczenia środka masy. Nawet uproszczenie obliczeń przez zastąpienie całek sumami cząstkowymi nie rozwiązuje problemu. Konieczne jest opracowanie innej metody, która przede wszystkim w ogóle umożliwi przeprowadzenie pomiaru, ale zapewni jednocześnie uzyskanie wystarczającej dokładności.

Każdy, kto próbował na przykład utrzymać w pionie ołówek na palcu, doskonale wie, że idealne wyznaczenie środka masy nie jest w praktyce możliwe. Zauważmy, że skutkiem niewyważenia wału będzie jego bicie na boki powodujące wibracje. I to właśnie one z powodzeniem mogą być wykorzystane do pomiaru niewyważenia. Istnieje bowiem prosta zależność między poziomem wibracji a stopniem niewyważenia. Wiedząc, że wibracja jest spowodowana istnieniem jakiegoś wypadkowego momentu siły działającego na wał, można pokusić się o próbę jego kompensacji. Taki moment pojawi się zawsze, gdy gęstość masy wału nie będzie równomierna. Niewyważeniem nazwiemy stopień przemieszczenia środka masy względem osi obrotu. Dokładniej jest to iloczyn wypadkowej masy (punktowej) i jej odległości



### Więcej informacji:

RK-SYSTEM  
ul. Chetmońskiego 30  
05-825 Grodzisk Mazowiecki  
tel. +48 22 724 30 39, +48 22 755 69 83  
faks +48 22 724 30 37, [www.rk-system.com.pl](http://www.rk-system.com.pl)  
e-mail: [rk-system@rk-system.com.pl](mailto:rk-system@rk-system.com.pl)

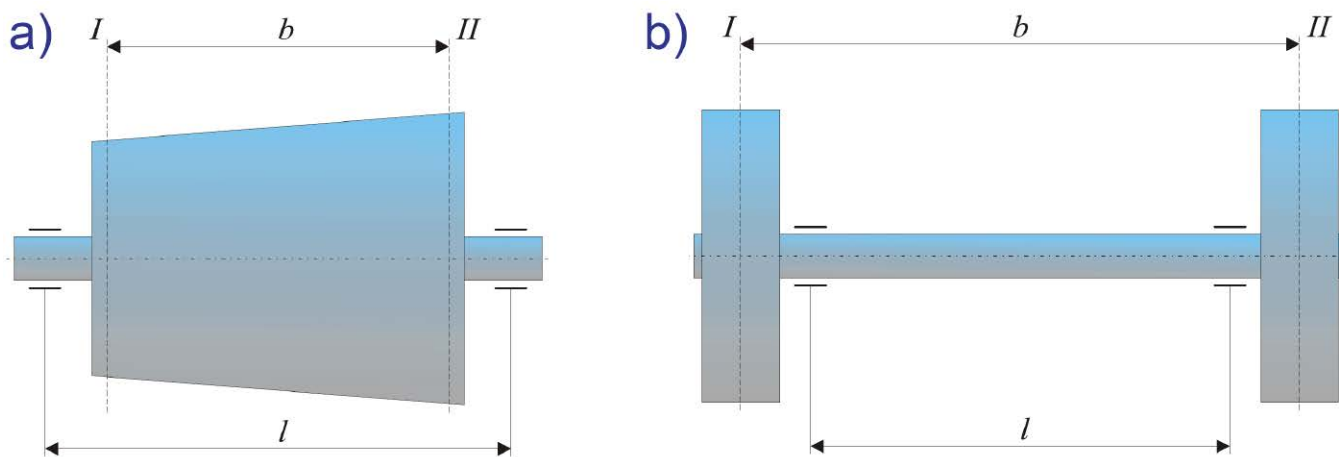


od osi. Ważnym spostrzeżeniem jest to, że częstotliwość wibracji (przynajmniej podstawowa składowa) jest równa częstotliwości obrotów wału.

## Rodzaje wyważania

Aby zapobiec drganiom wirnika, należy przeprowadzić jego wyważenie. Odpowiednie procedury wykonuje się w praktyce kilkoma metodami:

- wyważanie 1-płaszczyznowe,
- wyważanie 2-płaszczyznowe,



**Rysunek 1. Wirniki wymagające wyważania 2-punktowego**

- wyważanie wielopłaszczyznowe.

Poszczególne metody stosuje się w zależności od tego, w jakim stopniu można przybliżyć budowę wału do modelu teoretycznego. I tak, jeżeli grubość elementu wyważanego nie jest istotna (rozkład masy jest traktowany jako powierzchniowy), stosowana jest metoda 1-płaszczyznowa. W takim przypadku wyważanie może być przeprowadzone również metodą statyczną, niewymagającą nawet wprowadzania wirnika w ruch obrotowy. Takie wyważanie można przeprowadzić bez urządzenia VibroDAQ, ale jest to metoda bardzo mało dokładna. Dużo lepsze wyniki osiąga się metodą dynamiczną z użyciem systemu VibroDAQ.

Teraz wyobraźmy sobie wirnik pokazany na **rysunku 1a**. Z pewnością jego masa nie rozkłada się równomiernie wzdłuż osi. Ogólnie można powiedzieć, że element ten ma niejednorodny kształt geometryczny. W takim przypadku konieczne jest wyważanie dwupłaszczyznowe. Podobnie będzie z wirnikiem przedstawionym na **rysunku 1b**. W obu przykładach można wyróżnić dwie masy wypadkowe umieszczone wzdłuż osi. Niebezpiecznym efektem występującym w takich przypadkach jest nie tylko przesunięcie osi wirowania względem osi wirnika, ale też jej skręcenie.

Pozostaje jeszcze wyważanie wielopłaszczyznowe, które jak można się domyślić, jest dalszym rozwinięciem modelu wirnika. Ten rodzaj wyważania jest stosowany dla wirników, które na skutek działania sił odśrodkowych dodatkowo się uginają.

### Cyfrowy system wyważania – hardware

O cechach funkcjonalnych systemu VibroDAQ decydują zarówno rozwiązania sprzętowe, jak i oprogramowanie. Konstruktorzy sięgnęli po najnowocześniejsze dostępne technologie. W części układowej zastosowano strukturę programowalną FPGA oraz nowoczesne przetworniki analogowo-cyfrowe o wysokiej rozdzielczości. Aktualnie RK-System produkuje dwa typy urządzeń, które ponadto występują w kilku wersjach.

**VibroDAQ** to system wyważania współpracujący z komputerem. Samo urządzenie jest więc zasadniczo tylko przystawką służącą do zbierania danych z czujników pomiarowych, większość obliczeń natomiast wykonuje odpowiednie

oprogramowanie uruchamiane na komputerze. System VibroDAQ realizuje wiele funkcji. Należą do nich:

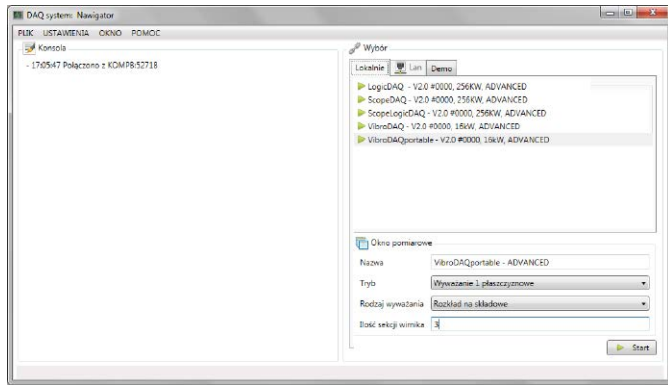
- wyważanie jedno- lub dwupłaszczyznowe a także doważanie dowolnych wirników w łożyskach własnych lub na stanowiskach pomiarowych,
- rozkład wyniku wyważania na składowe,
- wyważanie tarcz ściernych wyposażonych w głowice wyważające (2-, 3- i 4-ciężarkowe) bez konieczności ich demontażu,
- selektywne oraz pasmowe pomiary drgań.

System VibroDAQ może być zabudowywany na stałe w maszynie użytkownika, pełniąc wówczas funkcję urządzenia monitorującego. Operator w każdej chwili może sprawdzać parametry pracy maszyny, ale też jest na bieżąco informowany o zagrożeniach. Kontrolowana jest m.in.: prędkość obrotowa wirnika, aktualna wartość niewyważenia i jego położenie kątowe, widmo drgań. Ostatni parametr umożliwia obserwację drgań także na innych częstotliwościach niż częstotliwość własna.

VibroDAQ występuje w trzech wersjach:

- VibroDAQ BASIC realizuje wyważanie 1-płaszczyznowe bez analizy sygnału oraz widma FFT,
- VibroDAQ STANDARD realizuje wyważanie 1- i 2-płaszczyznowe bez analizy sygnału oraz widma FFT
- VibroDAQ ADVANCED realizuje wyważanie 1- i 2-płaszczyznowe z analizą sygnału oraz widma FFT.

**VibroDAQ Portable.** W odróżnieniu od urządzenia omówionego wcześniej, VibroDAQ Portable może pracować autonomicznie, bez konieczności dołączania komputera. Interfejs użytkownika wykorzystuje wbudowany wyświetlacz graficzny LCD, a zasilanie zapewnia własny akumulator. Zaletą tego przyrządu są niewielkie, kieszonkowe wręcz wymiary. Urządzenie może być bardzo wygodnie transportowane do wszelkiego rodzaju maszyn z elementami wirującymi, od szlifierek i obrabiarek fabrycznych po wielkie turbiny elektrowni. Dobrym przykładem zastosowania VibroDAQ Portable jest wyważanie i diagnostyka turbin elektrowni wiatrowych, gdzie urządzenie diagnostyczne musi być dostarczone na dużą wysokość. Autonomiczność nie oznacza, że urządzenie nie może być dołączane do komputera. Wręcz przeciwnie, jak każdy nowoczesny przyrząd pomiarowy,



Rysunek 2. Okno nawigacyjne programu DAQsystem

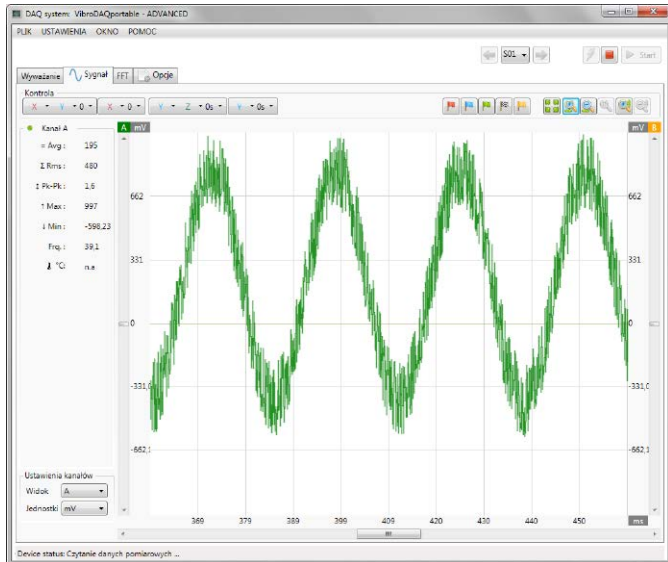
VibroDAQ Portable jest przystosowany również do pracy z oprogramowaniem DAQsystem uruchamianym na komputerze. Co więcej, wtedy gdy nie jest konieczna praca autonomiczna, korzystanie z komputera przynosi wiele korzyści.

Urządzenie VibroDAQ Portable jest oferowane również w trzech wersjach. Konfigurację są podobne, jak w poprzednim przypadku:

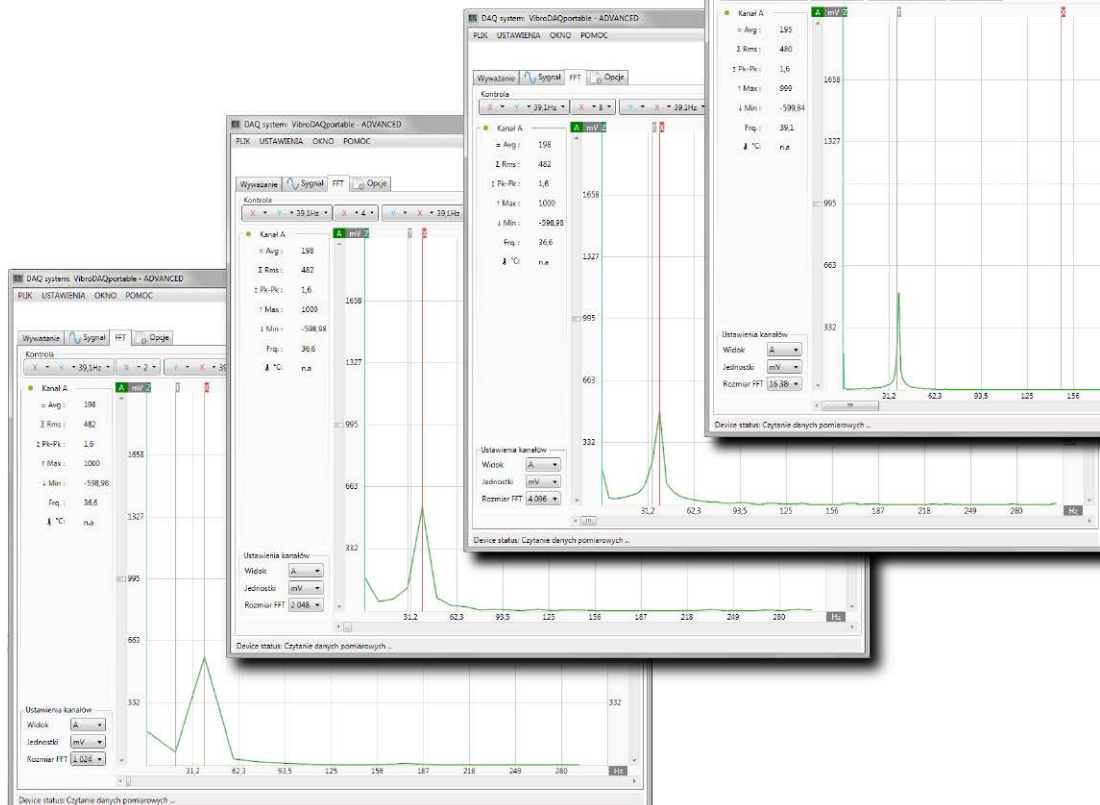
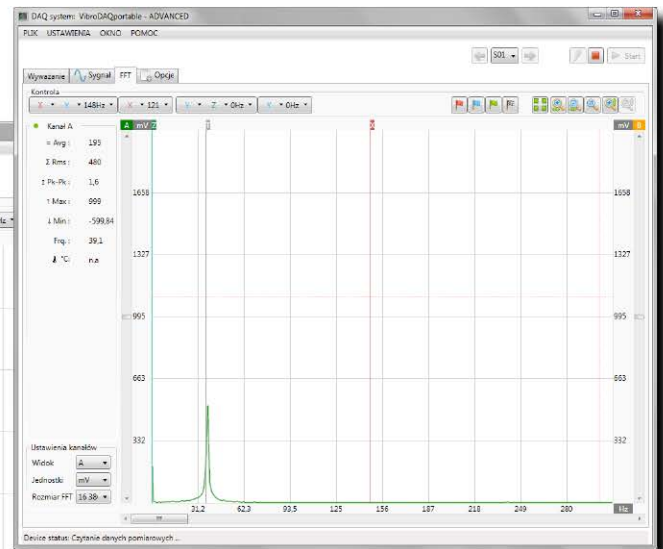
- VibroDAQ portable BASIC realizuje wyważanie 1-płaszczyznowe bez analizy sygnału oraz widma FFT,
- VibroDAQ portable STANDARD realizuje wyważanie 1- i 2-płaszczyznowe bez analizy sygnału oraz widma FFT,
- VibroDAQ portable ADVANCE realizuje wyważanie 1- i 2-płaszczyznowe z analizą sygnału oraz widma FFT.

### Cyfrowy system wyważania – software

Opisywane urządzenia są obsługiwane przez jeden program wspólny dla wszystkich urządzeń rodziny DAQ produkowanych przez RK-System. Oprogramowanie to nosi nazwę DAQsystem. Przypomnijmy, że w skład rodziny wchodzi jeszcze: ScopeLogicDAQ, ScopeDAQ, LogicDAQ. Oprogramowanie, niczym kameleon, dostosowuje swój interfejs graficzny odpowiednio do urządzenia, z którym w danej chwili współpracuje. A dokładniej, które zostało wybrane, gdyż współpracować może jednocześnie z wieloma i to różnymi. Co więcej, oprogramowanie wykrywa nie tylko typ urządzenia, ale też jego wersję. Wiąże się to z blokowaniem określonych funkcji programu. Okno nawigacyjne programu DAQsystem przedstawiono na **rysunku 2**. Widoczna jest

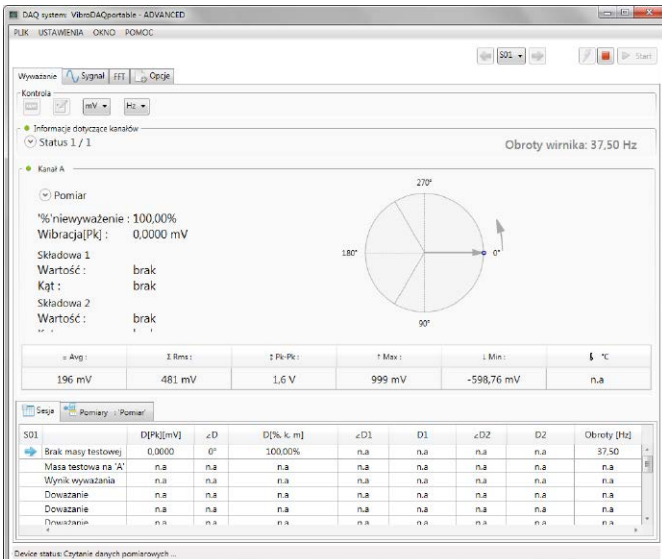


Rysunek 3. Okno obserwacji kształtu sygnału wibracji w dziedzinie czasu



Rysunek 4. Okno pokazujące widmo wibracji dla kilku długości bufora





Rysunek 5. Okno wyważania

na nim zakładka „LAN”, jednak komunikacja przez sieć w aktualnej wersji systemu jeszcze nie działa. W chwili pisania artykułu (październik 2016) komunikacja między urządzeniami i komputerem przebiega za pośrednictwem interfejsu USB.

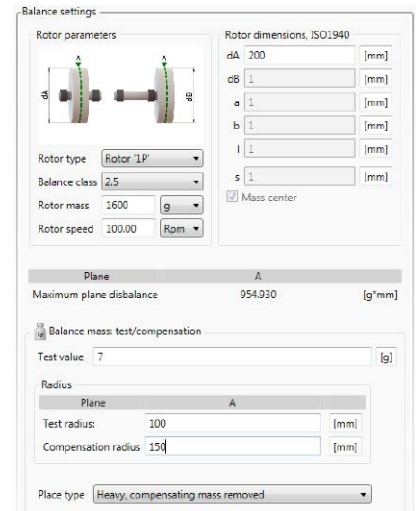
Po wykryciu połączenia z urządzeniami VibroDAQ lub VibroDAQ Portable oprogramowanie DAQsystem w ogólnym przypadku udostępnia funkcje:

- 1- i 2-płaszczyznowe wyważanie dowolnych detali wirujących w łożyskach własnych lub na stanowiskach pomiarowych,
- wyważanie detali o niejednorodnej strukturze wspomaganę funkcją rozkładu masy korekcyjnej na składowe,
- wyważanie tarcz ściernych bezpośrednio na szlifierce, współpraca z głowicami zawierającymi 2, 3 oraz 4 ciężarki wyważające w jednej lub dwóch płaszczyznach,
- automatyczny zapis wykonywanych sesji pomiarowych,
- zapis danych pomiarowych do pliku w formatach: CSV, TXT, JPG, PNG,
- generowanie raportów z wyważania w formacie PDF,
- sprawdzenie zgodności wyważania z normą ISO1940,
- pomiary prędkości obrotowej od 1 Hz,

- predefiniowane ustawienia przyrządu pozwalające na automatyczny dobór parametrów pracy urządzenia,
- automatyczna sygnalizacja i rejestracja błędów występujących podczas procedury wyważania w pliku sesji,
- pomiar temperatury w miejscu ustawienia czujników wibracji,
- pomiar sygnału drgań
- pomiar widma funkcją FFT,
- automatyczne przywracanie ostatnich ustawień sesji,
- możliwość definiowania przez użytkownika własnych czujników drgań,
- wielojęzyczny interfejs użytkownika.

Okno pomiarowe programu DAQsystem składa się z kilku zakładek, na których są realizowane poszczególne operacje związane z wyważaniem i badaniem wibracji. Diagnostykę wibracji wykonuje się przez obserwację kształtu sygnału wibracji w dziedzinie czasu (rysunek 3) oraz mierząc jego parametry widmowe za pomocą analizy FFT (rysunek 4). Analiza widmowa jest prowadzona z różnymi długościami bufora i różnymi oknami. Domyślna długość bufora jest ustalana na 1024 punkty, ale taki wybór pozwala w zasadzie tylko na zgrubną ocenę parametrów. Dokładny pomiar powinien być wykonany z większym buforem, najlepiej maksymalnym. Należy pamiętać, że od liczby punktów analizy FFT zależy jej rozdzielczość. Skutkiem ubocznym zbyt długiego rekordu jest natomiast wydłużony czas analizy. Często jednak warto taką cenę zapłacić.

Biorąc pod uwagę przeznaczenie systemów VibroDAQ i VibroDAQ Potable, należy uznać, że najważniejszą zakładką



Rysunek 6. Przykładowe okno konfiguracyjne wirnika

REKLAMA

**RK-SYSTEM®**  
www.rk-system.com.pl

**Profesjonalne narzędzia dla elektroników i programistów**

- uniwersalne programatory układów scalonych
- analizatory stanów logicznych
- oscyloskopy cyfrowe
- systemy do wyważania i pomiaru drgań
- oprogramowanie CAD, CAM, CAE
- emulatory, symulatory, debuggery dla różnych rodzin procesorów
- kompilatory C/C++ dla różnych rodzin procesorów
- szkolenia w zakresie FPGA, VHDL
- narzędzia na procesory sygnałowe DSP
- projektujemy, produkujemy, szkolimy, dystrybuujemy

05-825 Grodzisk Maz., ul. Chałmońskiego 30, tel. (022) 724 30 39, 782 05 18, fax (022) 724 30 37

RAISONANCE Innovative Development Tools | IAR SYSTEMS | SPECTRUM DIGITAL INCORPORATED

programu DAQsystem jest „Wyważanie” (rysunek 5). Okno to zmienia swój wygląd w zależności od przyjętej metody wyważania. Do przeprowadzania tej operacji mogą być wykorzystywane standardowe czujniki dostarczane przez producenta i uwzględnione w bazie danych programu lub czujniki firm zewnętrznych. Skatalogowane są także typy wirników, które mogą być wybierane z listy podczas konfigurowania pomiaru. Przykładowe okno konfiguracyjne przedstawiono na rysunku 6. Znajdują się w nim pola z wartościami określającymi m.in. wymiary wału, jego masę i prędkość obrotową, a także klasę wyważania. Dalej wprowadzona musi być masa testowa i dane określające geometrię umieszczenia tej masy na wale.

Procedura wyważania, w zależności od tego, czy detal wyważany jest jedno- czy dwupłaszczyznowo, wymaga wykonania 2 lub trzech pomiarów, na podstawie których przyrząd oblicza położenie i wartość masy kompensującej niewyważanie. Podczas wyważania jednopłaszczyznowego, w pierwszym etapie dokonywany jest pomiar drgań wirnika w warunkach neutralnych. W drugim kroku należy umocować na badanym detalu ciężarek kontrolny o znanej masie i ponownie zmierzyć drgania. Przebieg wyważania dwupłaszczyznowego jest bardzo podobny, z tą różnicą, że ciężarek kontrolny mocujemy raz na jednej, a raz na drugiej płaszczyźnie (końcu) detalu. Równoległe z pomiarem drgań każdorazowo dokonywana jest kontrola prędkości obrotowej wyważanego wirnika. Element odblaskowy naklejony na wirnik odbija skierowaną na niego wiązkę laserową, następnie układ optyczny odbiera odbite promienie i przetwarza je na impulsy elektryczne podawane dalej na odpowiedni układ elektroniczny, który na tej podstawie wyznacza prędkość obrotową. Wykonanie pomiarów skutkuje otrzymaniem wyniku wyważania precyzyjnie wskazującego wartość masy, którą należy dodać lub ująć oraz miejsce, w którym należy tego dokonać. Po dokonaniu kompensacji masy użytkownik ma możliwość sprawdzenia rezultatu wyważania i ewentualnego doważenia detalu bez konieczności przeprowadzania wszystkich pomiarów od nowa.

## Nowa jakość

W ostatnim czasie system wyważania oparty na urządzeniu VibroDAQ Portable uległ znacznym, żeby nie powiedzieć rewolucyjnym zmianom. Najbardziej widoczną zmianą jest dodanie trybu pracy z komputerem. Druga zmiana jest związana z oprogramowaniem, które wcześniej było używane wyłącznie z urządzeniem VibroDAQ, a obecnie również z VibroDAQ Portable. Interfejs użytkownika został w nim zmieniony całkowicie. O sile zmian niech świadczy fakt, że oprogramowanie zostało napisane od zera. Klienci pracujący na nowym sprzęcie i starym oprogramowaniu mają prawo update'u do nowej wersji. Posiadacze starszej wersji sprzętu (2.0) mają możliwość płaćnego przejścia na wyższą wersję.

Nowe oprogramowanie umożliwia wykonywanie unikatowego wyważania 2-płaszczyznowego tarcz ściernych z jedną lub dwoma głowicami wyważającymi, wyważanie

jedno- i dwupłaszczyznowe detali o niejednorodnej strukturze. Ponadto, obecnie możliwe jest wyważanie z głowicami zawierającymi 2, 3 lub 4 ciężarki (w poprzednich wersjach były tylko 3).

Kolejna zmiana dotyczy zapisu sesji. Procedura wyważania obejmuje pełną sesję składającą się z kilku operacji, które trzeba wykonać jedna po drugiej. Zdarza się jednak, że z przyczyn obiektywnych sesję trzeba przerwać w pewnym momencie, by powrócić do niej po jakimś czasie. Zapisywanie sesji umożliwia wznowienie czynności od etapu ostatnio zapisanego na dysku komputera. Oprogramowanie umożliwia wykonywanie zapisu ręcznego lub automatycznego. Łatwo zauważyć, że zapis automatyczny w znacznym stopniu uchroni użytkownika przed zdarzeniami losowymi, takimi jak np. awaria zasilania.

Dużo cennych informacji jest zawartych w historii pomiarów. Wynika to ze zmian amplitudy drgań oraz kąta niewyważenia, obserwowanych czasami na niektórych obiektach. Użytkownik wybiera ostatecznie jeden z szesnastu zarejestrowanych pomiarów. Tym samym do metody czysto algorytmicznej dodawany jest czynnik ludzki wynikający z doświadczenia użytkownika. Należy zaznaczyć, że przyczyna zmienności mierzonych parametrów może wynikać na przykład z występowania rezonansów maszyny. Problemy takie występują także podczas wyważania detali wonoobrotowych. Są to bardzo trudne przypadki, dla których nie jest receptą nawet uśrednianie wyników. Dane pomiarowe są zapisywane w formatach CSV, TXT, JPG, PNG. Oprócz danych sesji pomiarowej zapisywane są też wszystkie błędy sygnalizowane w trakcie pomiarów.

Jak każde urządzenie pomiarowe, tak i VibroDAQ Portable musi być odpowiednio skonfigurowany przed pomiarami. Dla użytkowników oscyloskopów, szczególnie tych początkujących, zbawiennym przyciskiem jest *Auto*. Przycisk ten umożliwia przeprowadzenie szybkiego, automatycznego doboru parametrów. W nowej wersji systemu VibroDAQ podobna możliwość również istnieje. Wystarczy tylko określić, czy obroty detalu są mniejsze, czy większe od 10 herców. Pozostałe parametry, takie jak: długość bufora, szybkość próbkowania, są dobierane automatycznie.

Użytkownicy systemu wyważania VibroDAQ Portable często powtarzają pomiary na tym samym lub wielu podobnych obiektach. Dużą pomocą jest wówczas możliwość korzystania z predefiniowanych nastaw, które powodują niemal natychmiastowe rozpoczęcie pomiarów bez zużywania czasu na dobieranie parametrów.

## Podsumowanie

RK-System oferuje swój flagowy wyrób, jakim jest system wyważania VibroDAQ, już od kilku lat. Od chwili pojawienia się pierwszego przyrządu znacznie go ulepszono, uwzględniono szereg uwag i sugestii użytkowników, wprowadzono nowe technologie, powstał nowy model. Znając tę firmę, można z dużą dozą pewności stwierdzić, że nie jest to ostatnie słowo. Dopóki będzie zapotrzebowanie rynku na tego typu urządzenia, dopóty będzie ono produkowane i ulepszone.

**JAROSŁAW DOLIŃSKI, EP**