

**Jerzy DOBRODZIEJ, Jacek WOJUTYŃSKI, Krzysztof MATECKI,  
Andrzej GOSPODARCZYK, Michał ROGOZIŃSKI**  
Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, Radom

## **SYSTEM DO BADAŃ TRWAŁOŚCI I TWARDOŚCI LEŻYSK MEBLI**

### **Słowa kluczowe**

Badania trwałości i twardości leżysk, rozproszony system sterowania, modele wyznaczania klasy trwałości.

### **Streszczenie**

W artykule zaprezentowano innowacyjny system przeznaczony do badań atestacyjnych trwałości oraz twardości leżysk stanowiących wyposażenie mebli. Przedstawiono oryginalne stanowisko badawcze złożone ze specjalizowanej maszyny, procedury operacyjne zastosowane w sterowaniu stanowiskiem oraz modele wyznaczania wskaźników do oceny trwałości i twardości. Zaprezentowano wyniki badań weryfikacyjnych opracowanego systemu. Wskazano nowe możliwości aplikacyjne systemu w badaniach reologicznych materiałów, z których wykonane są leżyska.

### **Geneza i cel pracy**

Dynamiczny rozwój branży meblarskiej inspirowany rosnącymi potrzebami i wymaganiami odbiorców w zakresie komfortu użytkowania [7, 10, 11], estetyki i ceny zakupu nowych mebli [6] wymusza stosowanie nowych materiałów, w tym materiałów używanych w produkcji materacy lub siedzisk nazywanych leżyskami. Konieczność zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania oraz odpowiednio wysokiej jakości eksploatacyjnej leżysk [8], ocenianej na podstawie obiektywnych wskaźników [9], stanowiły przesłanki uregulowań

normatywnych wprowadzonych w krajach Unii Europejskiej. Przykładem jest norma EN-1957:2000 [1] opracowana przez Komitet Techniczny CENT/TC 207 zawierająca metodykę realizacji badań trwałości oraz twardości leżysk, wymagania technologiczne dotyczące sposobu przygotowania próbek do badań, wytyczne odnośnie do konstrukcji mechanicznej specjalizowanych stanowisk badawczych oraz zbiór wskaźników dla obiektywnej oceny jakości leżysk. W normie zaproponowano dwa różne, mechaniczne stanowiska badawcze o mocno ograniczonych możliwościach archiwizacji danych pomiarowych. Stosunkowo krótki czas, jaki upłynął od wprowadzenia uregulowań w szybko rozwijającej się branży meblarskiej [5], brak szerszej oferty na nowoczesne, skomputeryzowane stanowiska badawcze, a także stosunkowo wysokie ceny oferowanych zagranicznych rozwiązań, znacząco podniosły koszty doposażenia w niezbędne instrumentarium pomiarowe dla laboratoriów wystawiających świadectwa atestacyjne na wyroby meblarskie. Ponadto zakres badań podany w normie ma zdecydowanie komercyjny aspekt i pomija możliwości uzyskania dodatkowych informacji, np. reologicznych charakteryzujących relacje pomiędzy naprężeniami i odkształceniami zachodzącymi w czasie użytkowania leżysk. Informacje te stanowią istotne dane w badaniach naukowych dotyczących właściwości mechanicznych i eksploatacyjnych materiałów piankowych, gumowych, drewnopodobnych, polimerowych, kompozytowych oraz sprężyn i układów sprężyn stosowanych w materacach i można prognozować, że zostaną wykorzystane w przyszłych modyfikacjach normy. Ze względu wymienione przesłanki podjęto prace, których celem było:

Opracowanie innowacyjnego, nowoczesnego systemu do badań trwałości i twardości oraz badań reologicznych leżysk mebli umożliwiającego monitorowanie przebiegu badań oraz akwizycję danych pomiarowych.

### **1. Założenia merytoryczne i techniczne odnośnie do systemu**

Sformułowano następujące założenia merytoryczne:

- system ma budowę modułową i obejmuje: specjalizowaną maszynę, moduły sterowania, pomiarów i zabezpieczeń oraz aplikację komputerową;
- specjalizowana maszyna jest zintegrowaną – w odróżnieniu na przykład od maszyny Hegewald&Peschke typ 40-910-150 wykorzystywaną tylko do badań trwałości łóżek, materacy, w tym materacy ze układami sprężyn – konstrukcją pozwalającą realizować zarówno badania trwałości, jak i twardości, pełzania i relaksacji zgodnie z normą EN-1957:2000<sup>1</sup>, co umożliwi opracowanie efektywnego modułu sterowania oraz zunifikowanej metody akwizycji danych pomiarowych;
- konstrukcja specjalizowanej maszyny spełnia wymagania mechaniczne i wytrzymałościowe normy EN-1957:2000;

---

<sup>1</sup> polski odpowiednik: norma PN-EN 1957-2002

- moduły sterowania wyposażone są w programowalne sterowniki PLC, co pozwala na zmianę wartości sił wymuszających lub liczby cykli badawczych oraz elastyczną wymianę oprogramowania, a w konsekwencji na efektywną zmianę procedur operacyjnych sterowania i uruchamiania nowych metod badań z wykorzystaniem opracowanego systemu;
- moduły sterowania połączone są z aplikacją komputerową umożliwiającą akwizycję danych pomiarowych w trybie on-line i ich analizę w trybie off-line<sup>2</sup>, przy czym możliwa jest:
  - wielokrotna realizacja cykli badawczych przy wyznaczaniu klasy twardości bez konieczności ponownego uruchamiania maszyny;
  - realizacja badań pełzania i relaksacji zachodzących w materiałach leżysk;
- system umożliwia wyznaczenie klasy twardości na podstawie następujących modeli matematycznych: zawartego w normie, zaproponowanego przez firmę IKEA lub oryginalnego modelu opracowanego przez autorów; Wykorzystując wymagania sformułowane w normie EN-1957:2000 przyjęto następujące założenia techniczne:
  - wartość całkowitej odchyłki płaskości płyty stołu stanowiącej podstawę maszyny wynosi maksymalnie 2 mm/1000 mm, a pod naciskiem 1000 N jej ugięcie nie przekracza 1mm;
  - wałek wykorzystywany w badaniach trwałości porusza się swobodnie w kierunku poziomym i pionowym względem swojej osi podłużnej i poprzecznej, zapewnia moment obrotowy bezwładności  $0,5 \text{ kgm}^2 \pm 10\%$ , a w układzie przenoszenia ruchu umożliwia wahadłowy ruch amplitudzie  $A = 250 \text{ mm}$  i częstotliwości  $16 \pm 2$  cykli/min;
  - maksymalna siła nacisku w badaniach trwałości wynosi  $1400 \pm 7 \text{ N}$  oraz kąt pomiędzy wektorem działania siły poziomej a podłużną osią symetrii leżyska nie przekracza  $\pm 2^\circ$ ;
  - w badaniach twardości rejestrowane są kompletne<sup>3</sup> krzywe (histerezy) obciążenie/ugięcie przy czym w zakresie obciążeń  $450 \pm 0 \text{ N}$  pomiary siły i ugięcia są dokonywane po zmianie siły obciążającej o 2 N;
  - maksymalne obciążenie leżyska przy wyznaczaniu klasy twardości wynosi 1000 N, natomiast zmiana obciążenia jest ciągła i zachodzi z prędkością  $v = 15 \pm \frac{5}{60} \text{ mm/s}$ ;
  - w badaniach pełzania i relaksacji możliwe jest zaprogramowanie czterech wartości sił obciążenia lub czterech wartości ugięcia;
  - wymiana danych pomiędzy aplikacją komputerową a sterownikami PLC odbywa się z użyciem komunikacji szeregowej RS-232, natomiast pomię-

---

<sup>2</sup> tj. po zakończeniu cyklu badawczego.

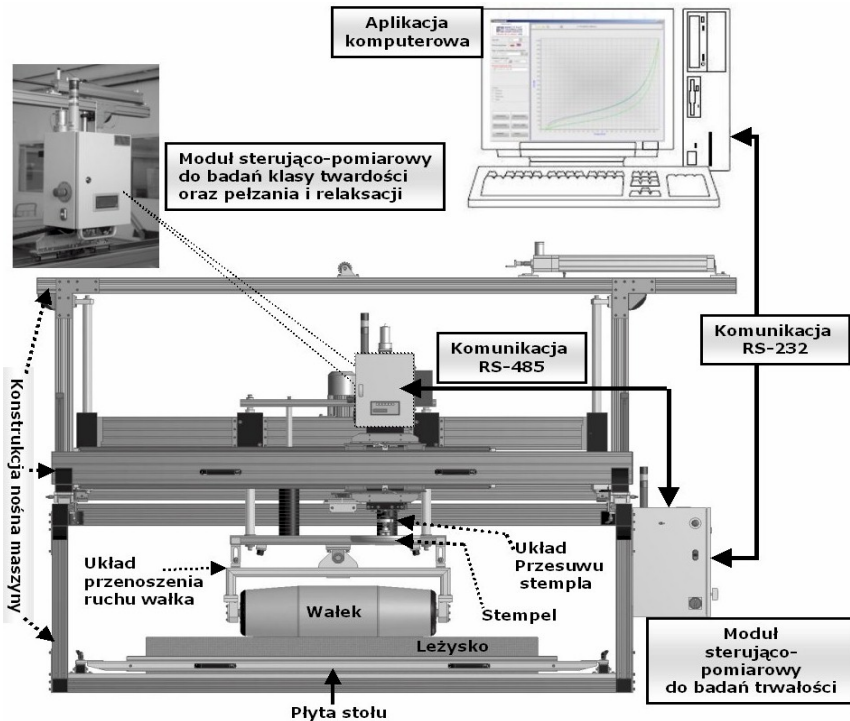
<sup>3</sup> norma wymaga rejestracji części krzywej obciążenie/ugięcie dla sił obciążających zmniejszających się od 450N do 0N co 2N.

dzy sterownikami PLC przy zastosowaniu standardu przemysłowego RS 485 z szybkością 38 400 bodów.

System przeznaczony jest do badań atestacyjnych mebli o masie do 70 kg z materacami o maksymalnych wymiarach 1×2 m; 2×2m oraz mebli kanapotapczanów rozkładanych z leżyskami o wysokości do 70 cm. Umożliwia realizację badań naukowych dotyczących właściwości zmęczeniowych i reologicznych materiałów leżysk. Ten funkcjonalny dualizm wymagał opracowania odpowiedniej struktury systemu.

## 2. Struktura systemu

Strukturę opracowanego systemu badań trwałości i twardości leżysk mebli przedstawiono na rysunku 1.



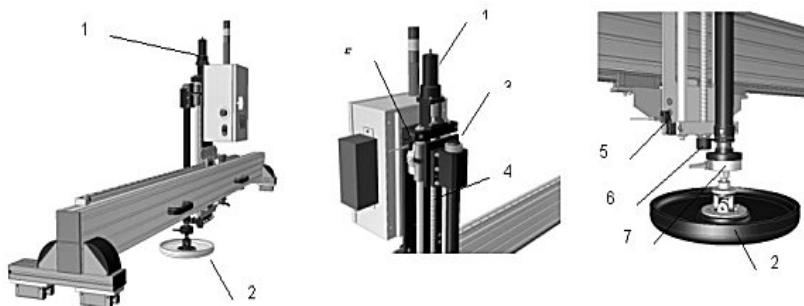
Rys. 1. Moduły systemu do badań trwałości i twardości leżysk mebli

Podstawowe elementy systemu są następujące:

- specjalizowana maszyna;
- moduł sterująco-pomiarowy do badań klasy twardości oraz pełzania i relaksacji;

- moduł sterująco-pomiarowy do badań trwałości;
- aplikacja komputerowa.

**Specjalizowana maszyna** posiada wymiary: 3,5 m długość, 2,5 m szerokość oraz 4,5 m wysokości. Ramową konstrukcję nośną wykonano z profili aluminiowych, natomiast powierzchnię podłoża ze stelażu z aluprofilu i płyty MDF o grubości 25 mm, szerokości 3000 mm oraz długości 3000 mm. Maszyna wyposażona jest w kompresor powietrza o ciśnieniu do 7bar oraz dwa siłowniki pneumatyczne z hamulcem przeznaczone do podnoszenia i opuszczania wałka w kierunku pionowym. Innowacyjnym rozwiązaniem konstrukcyjnym, odmiennym od rozwiązań stosowanych w maszynie firmy Hegewald & Peschke 40-910-150, jest zespół zawieszenia walca<sup>4</sup> posiadający parę pionowych prowadnic tocznych, po których przemieszcza się rama jezdna walca z osadzonym w niej na wahliwych łożyskach walcem, co pozwala na pionowe dopasowywanie położenia walca do powierzchni badanego łożyska. Ruch wahadłowy (rolowanie) wałka w płaszczyźnie poziomej jest wymuszany przez siłowniki przy użyciu korbowodu napędzanego silnikiem AC z falownikiem wektorowym, co pozwoliło uzyskać precyzyjną amplitudę walcowania oraz zakładaną stabilność okresu cyklu. Położenie tłoka siłowników jest kontrolowane za pomocą czujników kontaktronowych zamocowanych na korpusach siłowników pneumatycznych. Stempel (badania twardości) wykonany z tarnamidu jest zamontowany na przegubie i przesuwany w kierunku pionowym (rys. 2).



Rys. 2. Konstrukcja układu przesuwu stempla do badania klasy twardości łożysk:

- 1) silnik DC, 2) stempel 3) tuleje łożyskowe 4) śruba precyzyjna 5) czujnik indukcyjny
- 6) przetwornik obrotowo-impulsowy 7) przetwornik tensometryczny

Układ przesuwu stempla wyposażony został w napęd śrubowo-toczny. Śruba precyzyjna jest obracana przez silnik prądu stałego. Elementy napędu i prowadzenia zamontowane są na płycie mocowanej przesuwnie w prowadnicach

<sup>4</sup> rozwiązanie to jest przedmiotem przygotowywanego patentu, a ponadto po zainstalowaniu czujników przemieszczeń umożliwia stereometryczne odwzorowanie profilu powierzchni badanego łożyska.

szynowych tocnych po belce poziomej urządzenia. Graniczne punkty przemieszczania się stempla są identyfikowane przez czujniki indukcyjne.

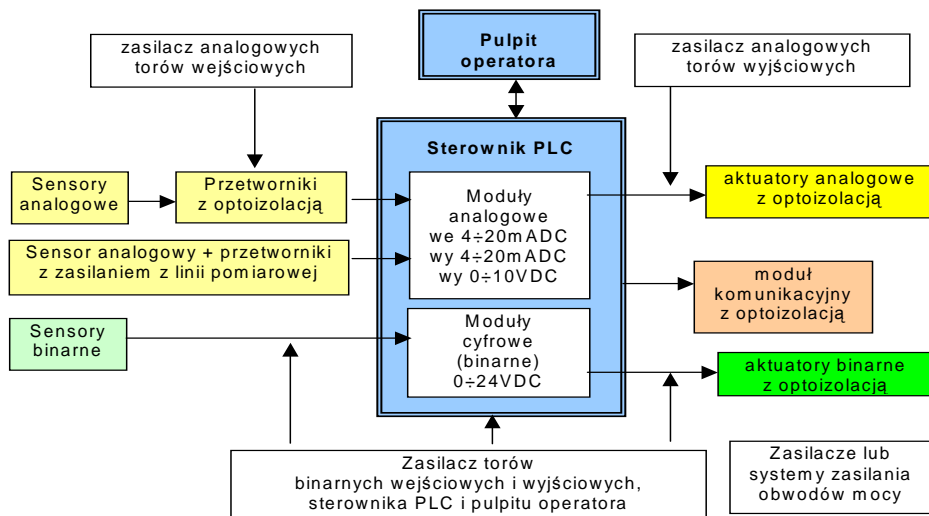
**Moduł sterująco-pomiarowy do badań klasy twardości oraz pełzania i relaksacji** wyposażony został między innymi w:

- przetwornik tensometryczny siły obustronnego działania ze wzmacniaczem z wyjściem analogowym 4–20 mA;
- silnik DC sterowany za pomocą sterownika elektronicznego pracującego w układzie H, pozwalającego na ustawienie prędkości silnika;
- przetwornik obrotowo-impulsowy współpracujący ze sterownikiem PLC;
- sterownik PLC z modułem przetwornika A/D o rozdzielczości 5000 działek;
- panel dotykowy do programowania wartości parametrów, np. sił obciążenia, przesuwu.

Przy wyznaczaniu bazy odniesienia do pomiarów ugięcia zastosowano manualne pozycjonowanie stempla. Pomiar drogi przemieszczenia i prędkości jest realizowany przez przetwornik obrotowo-impulsowy zamocowany na precyzyjnej śrubie. Zbudowany układ pozwala na pomiar przemieszczeń z dokładnością do 2,5  $\mu\text{m}$ . W wyznaczaniu drogi uwzględniono charakterystykę ugięcia przetwornika tensometrycznego. Do pomiarów siły obciążenia wykorzystano przetwornik tensometryczny pracujący na ściskanie i rozciąganie o zakresie pomiarowym  $-2000 \div +2000$  N. Użycie sterownika elektronicznego pracującego w układzie H oraz śruby precyzyjnej pozwoliło na uzyskanie różnych prędkości przesuwu stempla, w tym prędkości zakładanej  $v = 15 \pm \frac{5}{60}$  mm/s. Tego typu rozwiązanie stanowi innowacyjne rozwiązanie i nie jest spotykane w innych maszynach pomiarów klasy twardości leżysk. W badaniach pełzania lub relaksacji możliwe jest zaprogramowanie czterech sił obciążenia lub czterech wartości przemieszczeń dla jednego cyklu badawczego. Integrację elementów pomiarowych i sterujących modułu przedstawiono na rys. 3.

**Moduł sterująco-pomiarowy do badań trwałości** zawiera następujące kluczowe elementy:

- dwa zbliżeniowe czujniki indukcyjne do kontroli równoległości przesuwu wałka w płaszczyźnie poziomej;
- zbliżeniowe czujniki indukcyjne przeznaczone do monitorowania położenia korbowodu oraz pomiaru liczby cykli rolowań;
- falownik wektorowy z motoreduktorem pracującym na ok. 90% częstotliwości znamionowej silnika dla częstotliwości cykli rolowania 0,25 Hz;
- zespół siłowników sterowanych elektrozaworami do wymuszenia ruchu wahadłowego (rolowania) wałka;
- sterownik PLC;
- panel dotykowy do programowania wartości parametrów, np. liczby cykli, amplitudy ruchu wahadłowego przy rolowaniu.

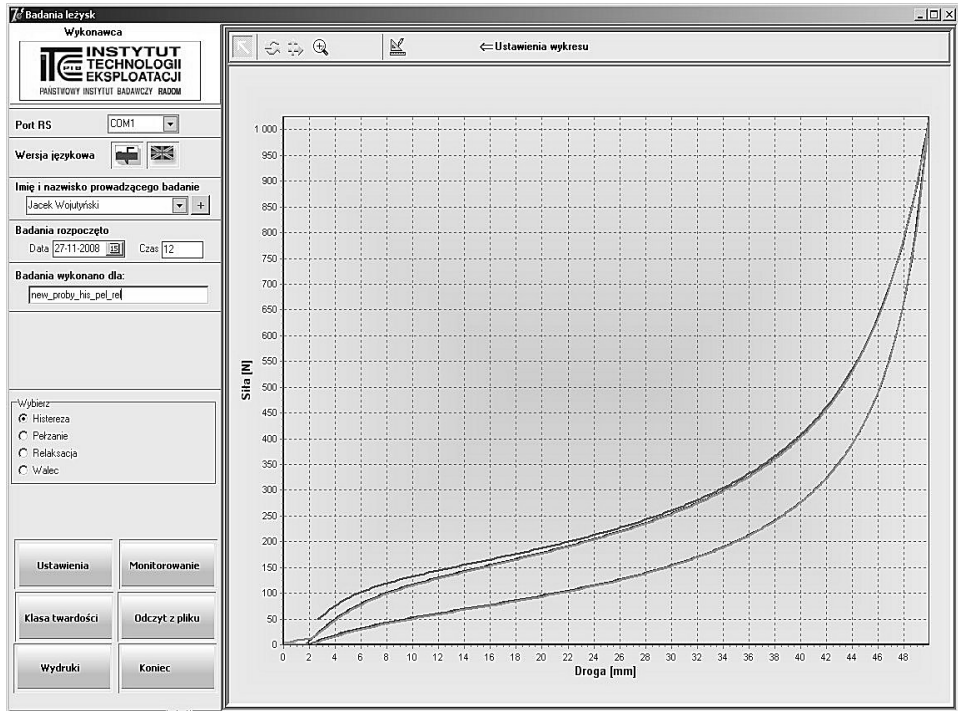


Rys. 3. Struktura modułów sterująco-pomiarowych do badań trwałości, twardości, pełzania i relaksacji

Zastosowane w module rozwiązania umożliwiają uzyskanie sinusoidalnego przebiegu rolowania o regulowanej amplitudzie względem środkowej linii leżyska oraz regulowanym okresie cyklu (wartość amplitudy oraz okres cyklu mogą być programowane przez operatora).

**Aplikacja komputerowa** przeznaczona do monitorowania procesu badań, akwizycji wyników pomiarów oraz do obliczania klasy twardości umożliwia (rys. 4):

- wybór portu szeregowego RS lub portu USB emulującego port szeregowy do komunikacji synchronicznej pomiędzy modułami sterująco-pomiarowymi systemu a komputerem;
- wybór metody badań (pomiar histerezy, pomiary pełzania, relaksacji lub pomiary trwałości),
- zaprogramowanie sił obciążenia lub przesuwu zastosowanych w badaniach;
- zaprogramowanie liczby cykli badawczych obciążenie/odciążenie;
- zarejestrowanie daty rozpoczęcia pomiarów oraz wprowadzenie danych identyfikujących prowadzącego badania,
- graficzną prezentację wyników pomiarów w trybie on-line;
- zapis wyników do pliku tekstowego o rozszerzeniu \*.csv, który może być czytany przez program Excel (lub Notatniku) co umożliwia dalsze wykorzystanie pozyskanych danych;
- wydruk raportu z realizacji badań;
- obliczenie klasy twardości leżyska.



Rys. 4. Aplikacja komputerowa systemu do badań trwałości i twardości leżysk mebli

Autorska aplikacja wykonana została z użyciem pakietu Delphi i jest przeznaczona do pracy w systemach Windows. Nie wymaga dodatkowych bibliotek typu DLL oraz OCX [3]. Aplikacja posiada polski i angielski interfejs użytkownika.

### 3. Procedury operacyjne systemu oraz model wyznaczania klasy twardości

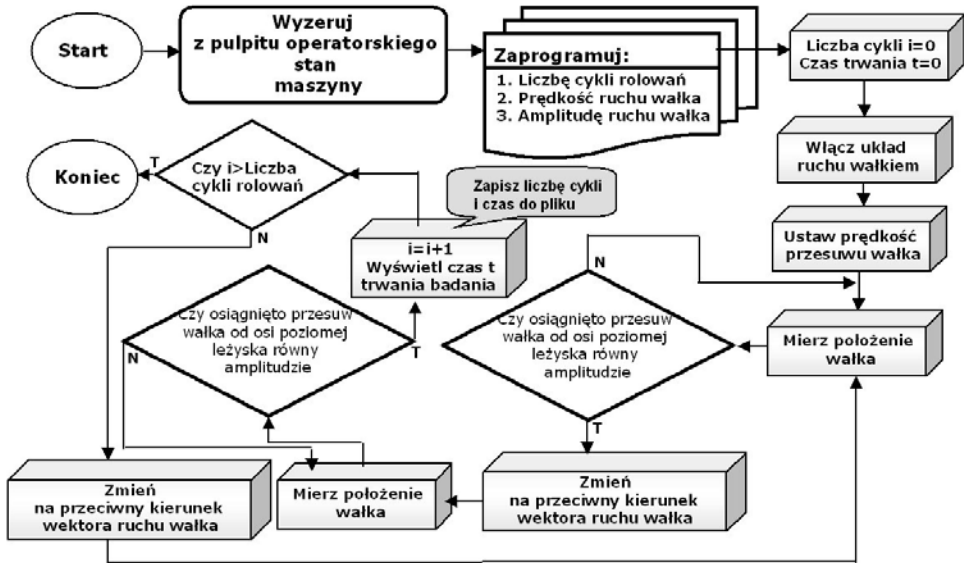
W tabeli 1 przedstawiono wykaz procedur sterowania, diagnozowania oraz zbiorów programowanych parametrów systemu. Najważniejsze, zaimplementowane w systemie procedury dotyczą badań trwałości, twardości oraz pełzania i relaksacji.

Stawisko do badania trwałości leżysk	Stawisko do badania twardości leżysk
Sterownik PLC	
Procedury diagnostyczne	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obsługa zaniku zasilania</li> <li>• Sprawdzanie okresu cyklu wałowania</li> <li>• Skoszenie walca</li> <li>• Test zbliżeniowych czujników induk-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obsługa zaniku zasilania</li> <li>• Sprawdzanie prędkości posuwu stempla</li> <li>• Test torów analogowych</li> <li>• Test zbliżeniowych czujników induk-</li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>• cyjnych</li> <li>• Test czujników położenia tłoka siłowników pneumatycznych</li> <li>• Procedura zatrzymania Esc</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cyjnych</li> <li>• Procedura zatrzymania Esc</li> </ul>
<b>Procedury SETUP</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zadawanie liczby cykli</li> <li>• Podnoszenie/opuszczanie walca</li> <li>• Przesuwanie walca w poziomie</li> <li>• Obrót walca (położenie zerowe, wycofanie i test prędkości)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zadawanie liczby cykli obciążenie/odciążenie</li> <li>• Zadawanie siły granicznej dla histerezy</li> <li>• Zadawanie siły maksymalnej</li> <li>• Definiowanie warunków zatrzymania przy odciążeniu</li> <li>• Zerowanie położenia</li> <li>• Tarowanie układu pomiaru siły</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zadawanie sił i czasu dla testu pełzania</li> <li>• Zadawanie przemieszczeń i czasu dla testu relaksacji</li> </ul>
<b>Procedury w trakcie badania</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Start/Stop test trwałości</li> <li>• Obliczanie okresu cyklu rolowania</li> <li>• Obliczanie czasu do końca badań</li> <li>• Zliczanie liczby cykli</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Start/Stop test twardości</li> <li>• Obliczanie prędkości posuwu stempla</li> <li>• Zliczanie liczby cykli</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Start/Stop test pełzania</li> <li>• Start/Stop test relaksacji</li> </ul>
<b>Oprogramowanie monitorujące na PC</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Start/Stop test trwałości</li> <li>• Monitorowanie liczby cykli</li> <li>• Obliczanie czasu do końca badań</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Start/Stop test twardości</li> <li>• Akwizycja danych F, L i wykresy</li> <li>• Obliczanie twardości H i klasy twardości <math>H_s</math></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wykres histerezy nawet dla kilku cykli obciążenie/odciążenie</li> <li>• Wylizanie pól histerezy dla testu twardości</li> <li>• Zadawanie sił i czasu dla testu pełzania</li> <li>• Zadawanie przemieszczeń i czasu dla testu relaksacji</li> <li>• Start/Stop test pełzania</li> <li>• Start/Stop test relaksacji</li> </ul>

Na rysunku 5 przedstawiono procedurę prowadzenia badań trwałości leżysk z użyciem opracowanego systemu. Istotą procedury jest pomiar przesuwu wałka, w szczególności detekcja jego krańcowych położenia co umożliwia identyfikację cykli w ruchu wahadłowym (rolowań). Po każdym wykryciu położenia krańcowego następuje zmiana kierunku wektora ruchu wałka względem osi symetrii podłużnej leżyska. Zakończenie procedury realizowane jest po spełnieniu warunku, że liczba cykli wykonanych jest większa od liczby cykli zadanych.



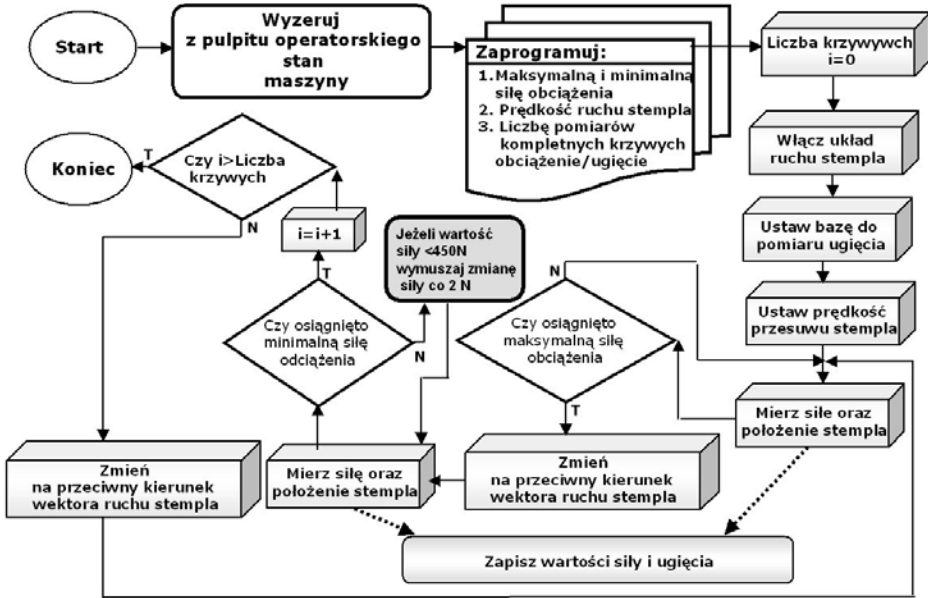
Rys. 5. Procedura realizacji badań trwałości leżysk

Na rysunku 6 przedstawiono algorytm badania twardości leżysk.

Opracowana procedura umożliwi rejestrację kompletnych krzywych obciążenie/ugięcie. Zarówno maksymalna, jak i minimalna wartość siły obciążenia mogą być programowane przez operatora. W przypadku odciążania, zmiana wartości siły obciążenia jest zmniejszana co 2N w zakresie 450±0 N. W trybie on-line rejestrowane są wartości ugięcia oraz wartości siły obciążenia. Wartości te służą do wyznaczenia twardości i klasy twardości leżyska (w trybie off-line). Zastosowano trzy modele obliczania twardości i klasy twardości: model zawarty w normie, model firmy IKEA oraz model autorski. Podstawą tych modeli są następujące zależności analityczne:

dla obliczania twardości H:

$$H = \frac{1}{3} \left( \left. \frac{dF}{dL} \right|_{F=210N} + \left. \frac{dF}{dL} \right|_{F=275N} + \left. \frac{dF}{dL} \right|_{F=340N} \right) \quad (1)$$



Rys. 6. Procedura realizacji badań twardości leżysk

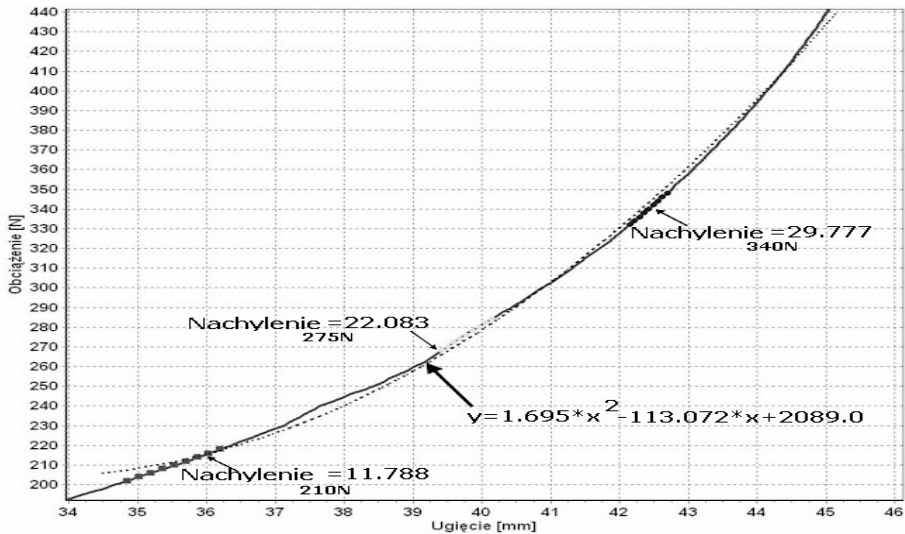
dla obliczania klasy twardości  $H_S$ :

$$H_S = 10(1 - \exp(K \cdot a + b))^2 \quad (2)$$

gdzie:  $a = 5.92 \cdot 10^{-4}$ ,  
 $b = 0.148$  oraz

$$K = \frac{\int_{L=0}^{L \leftrightarrow F=450N} F(L) dL}{H}, \quad F(L) - \text{krzywa obciążenie/ugięcie}$$

W modelu zawartym w normie wartości pochodnych są równe współczynnikom kierunkowym prostych regresji wyznaczanych dla 5 punktów poniżej i powyżej sił obciążenia 210, 275 i 340N (rys. 7).

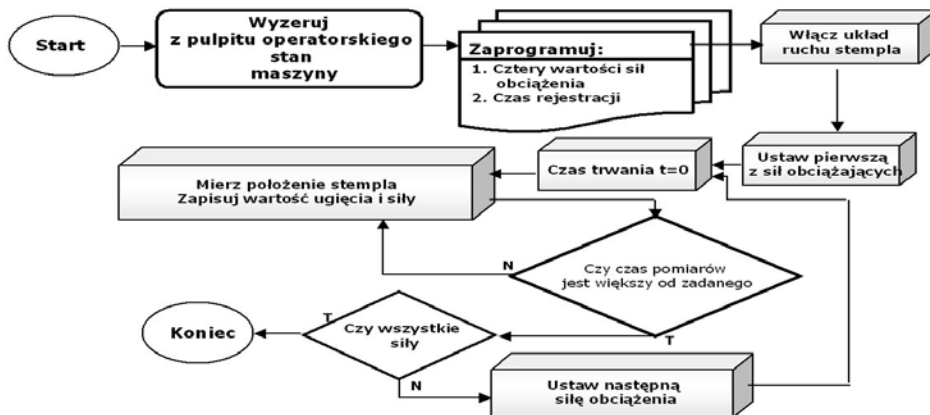


Rys. 7. Graficzna ilustracja modeli wyznaczania twardości leżysk

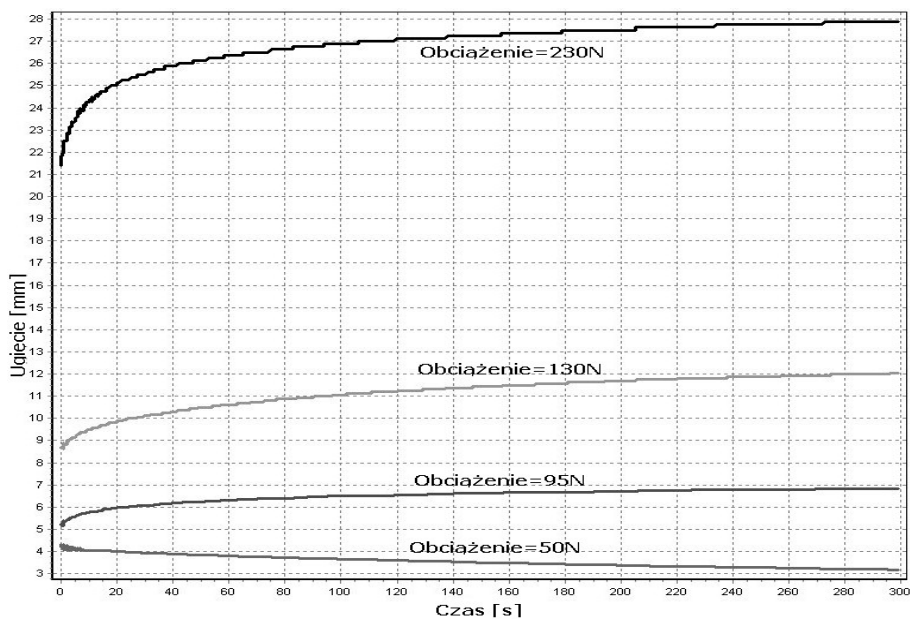
W przypadku modelu IKEA dokonywana jest transformacja krzywej obciążenie/ugięcie do krzywej ugięcie/obciążenie, a następnie obliczane są odwrotności nachyleń prostych regresji dla czterech punktów poniżej i powyżej sił obciążenia 210, 275 i 340 N. W modelu autorskim zastosowano aproksymację części krzywej obciążenie/ugięcie w zakresie 200÷370 N. Zastosowano aproksymację wielomianową (maksymalnie wielomian 16 stopnia), eksponentialną, logarytmiczną oraz logistyczną. Wynikiem aproksymacji jest funkcja siły obciążenia od ugięcia  $F(L)$ , dla której błąd średniokwadratowy dopasowania do danych empirycznych jest najmniejszy. Na podstawie funkcji obliczane są wartości jej pochodnych dla sił obciążenia 210, 275 i 340 N. Do obliczenia pola pod krzywą obciążenie/ugięcie w zakresie 450÷0 N zastosowano całkowanie numeryczne metodą trapezów [2].

Na rysunku 8 przedstawiono algorytm badania pełzania twardości leżysk.

Istotą procedury jest pomiar ugięcia w trakcie zaprogramowanego czasu przy stałej sile obciążenia. Przykład pomiarów pełzania zaprezentowano na rysunku 9.



Rys. 8. Procedura realizacji badań twardości leżysek

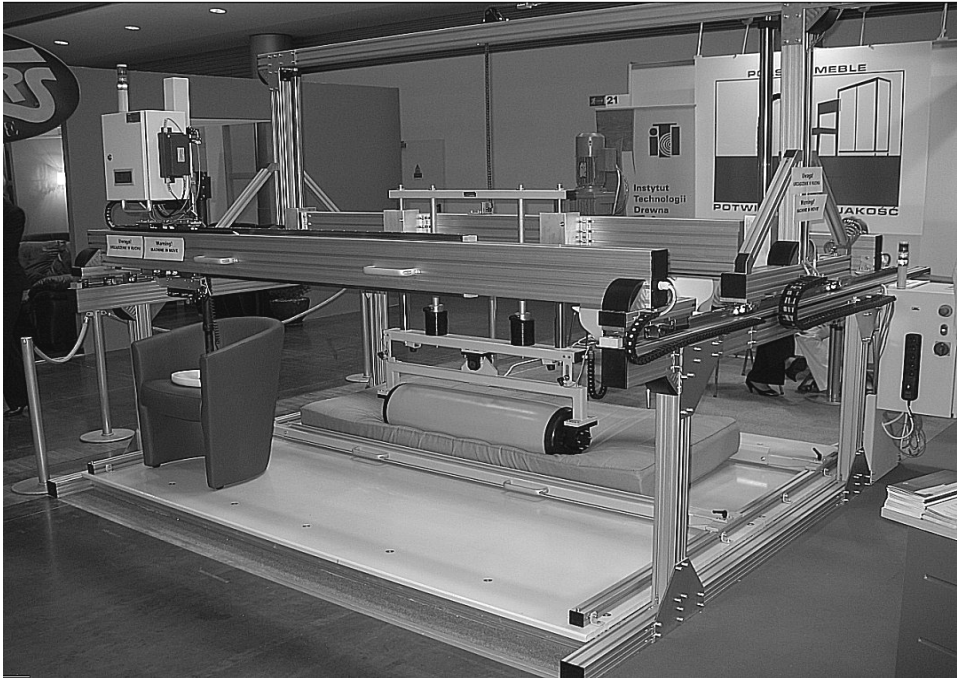


Rys. 9. Przykład uzyskanych wyników badań pełzania

Procedura pomiaru relaksacji jest analogiczna do procedury badania pełzania (różnice dotyczą wymuszania przesunięcia zamiast siły).

#### 4. Badania weryfikacyjne

Porównawcze badania weryfikacyjne przeprowadzono w Instytucie Technologii Drewna w celu oceny zgodności pomiarowej funkcjonowania dla opracowanego systemu (rys. 10) z założeniami merytorycznymi i technicznymi w tym z wymaganiami normy PN-EN 1957:2002.



Rys. 10. Egzemplifikacja opracowanego systemu wdrożona w Instytucie Technologii Drewna

Wykonano badania:

- 1) piankowych próbek<sup>5</sup> reprezentatywnych o znanej trwałości i twardości (tabela 2),
- 2) porównawcze jednorodnych piankowych próbek<sup>6</sup> reprezentatywnych, przeprowadzonych na opracowanych stanowiskach oraz akredytowanych stanowiskach badawczych produkcji Texo Application Almhult Sweden (tabela 3).

---

<sup>5</sup> Wymiary i kształt zgodnie z normą EN-1957:2000.

<sup>6</sup> Ibidem.

Tabela 2. Wartości oznaczeń reprezentatywnych próbek<sup>7</sup>

Lp.	Nr próbki	Wartości charakterystyczne próbki wg producenta			Wyniki oznaczeń w toku badań		
		trwałość	H <sub>S</sub>	H	trwałość	H <sub>S</sub>	H
1	I	30 000 cykli obciążeń	4,9	4,3	30 500 cykli obciążeń	4,9	4,3
2	II	10 000 cykli obciążeń	7,2	7,0	9 950 cykli obciążeń	7,2	7,0
3	III	45 000 cykli obciążeń	9,2	9,7	47 800 cykli obciążeń	9,2	9,7

Badania reprezentatywnych próbek o znanej trwałości i twardości wykazały zgodność otrzymanych w toku oznaczeń parametrów z wartościami trwałościowymi i twardościowymi próbek.

Tabela 3. Wartości oznaczeń próbek na podstawie badań porównawczych

Lp.	Nr próbki	Wyniki oznaczeń w toku badań na stanowiskach ITeE-ITD <sup>8</sup>			Wyniki oznaczeń w toku badań na stanowiskach Texo Aplication <sup>9</sup>		
		trwałość	H <sub>S</sub>	H	trwałość	H <sub>S</sub>	H
1	IV	31 256 cykli obciążeń	9,7	8,7	31 980 cykli obciążeń	9,5	8,9
2	V	54 813 cykli obciążeń	7,3	7,1	53 927 cykli obciążeń	7,2	6,9
3	VI	68 029 cykli obciążeń	5,2	4,9	66 485 cykli obciążeń	5,3	5,0

Badania porównawcze próbek wykazały, że różnice względne pomiędzy wartościami wskaźników nie przekraczały 3%.

## Podsumowanie

System charakteryzuje modułowa budowa oraz zastosowanie programowalnych sterowników logicznych PLC, co umożliwia jego elastyczną adaptację do potencjalnych zmian normy przedmiotowej lub specyficznych wymagań odbiorcy. W systemie zastosowano liczne innowacyjne rozwiązania techniczne, np.:

- konstrukcję umożliwiającą zintegrowanie stanowisk do badań trwałości, twardości, pełzania i relaksacji materiałów poziom;
- układ ruchu wałka wykorzystujący korbówód mimośrodowy, co zapewnia wysoką dokładność amplitudy i cyklu ruchu wałka,

<sup>7</sup> H oraz H<sub>S</sub> obliczane wg metody zawartej w normie EN-1957:2002.

<sup>8</sup> H oraz H<sub>S</sub> obliczane wg oryginalnej metody autorów.

<sup>9</sup> H oraz H<sub>S</sub> obliczane wg metody zaproponowanej przez IKEA.

- twardościomierz umożliwiający uzyskanie punktu zerowego na poziomie 10 N, a więc najwyższej klasy dokładności dla tego typu urządzeń;
- żyroskop w układzie ruchu wałka do zachowania poziomego ustawienia wałka podczas ruchu, co pozwala na kompensację odkształceń materacy, poprzez dynamiczne poziomowanie urządzenia wałującego i jest, zdaniem autorów, rozwiązaniem unikalnym w skali europejskiej.

W badaniach twardości, w odróżnieniu od oferowanych na rynku stanowisk badawczych, rejestrowana jest histereza obciążenie/ugięcie, a nie tylko część krzywej przy odciążaniu. Ponadto możliwie jest wielokrotne powtórzenie cykli obciążania/odciążania leżysz, co powinno dostarczyć informacji o kumulacji deformacji.

Opracowano oryginalną metodę wyznaczania klasy twardości wykorzystującą numeryczne modele aproksymacji i całkowania.

Poprawność opracowanego systemu potwierdzona została porównawczymi badaniami weryfikacyjnymi, co potwierdziło prawidłowość przyjętych założeń technicznych.

System może być rozbudowany o sterowniki WEB, co umożliwi monitorowanie badań poprzez Internet. Dodatkowo można doposażyć system w układ identyfikacji drgań, co pozwoli na podniesienie walca i zatrzymanie stanowiska w przypadku pęknięcia sprężyn materaca. Planowana jest także rozbudowa układów pomiarowych przemieszczenia i zastosowanie algorytmów wizualizacji 3D dla wizualizacji deformacji powierzchni leżysk.

Odbiorcami systemu mogą być zarówno przedsiębiorstwa produkujące meble ze względu na jego atrakcyjną cenę w porównaniu z oferowanymi rozwiązaniami zagranicznymi, jak i laboratoria zajmujące się badaniami atestacyjnymi oraz badaniami naukowymi takich materiałów jak pianki, gumy, materiały drewnopodobne.

*„Praca naukowa finansowana ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, wykonana w ramach realizacji Programu Wieloletniego pn. Doskonalenie systemów rozwoju innowacyjności w produkcji i eksploatacji w latach 2004–2008”.*

## **Bibliografia**

1. PN-EN 1957:2002 „Meble mieszkaniowe – Łóżka i materace – Metody badania w celu określenia cech funkcjonalnych”.
2. Baron B., Piątek Ł.: Metody numeryczne w C++Builder, Wydawnictwo Helion, Gliwice, 06/2004, ISBN: 83-7361-544-X.
3. Boduch A.: Delphi 2005. Kompendium programisty, Helion Gliwice, 2005, ISBN: 83-7361-780-9.



4. Cempel Cz.: Teoria i inżynieria systemów – zasady i zastosowania myślenia systemowego, Wydawnictwo Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, 2006, ISDN 83-7204-560-7.
5. Fabisiak B., Rolfstam M.: 2007 The impact of computer aided techniques and new materials on the process of furniture design. Nove Tehnologije i Materijali u Industrijama Baziranim Na Sektoru Sumaestva. International Conference Ambienta, Zagreb 19 listopada 2007: 151–155.
6. Fabisiak B. (2007): Settings, trends and characteristics of foreign markets – Poland. Prowadzenie warsztatów nt. „Settings and strategies in the furniture and furnishing Industry”, Poggibonsi, Włochy 10–11.06.2007
7. López-Torres M., Porcar R., Solar J. J., Romeo T. T.:”Objective firmness, average pressure and subjective perception in mattresses for the elderly, Applied Ergonomics Volume: 39, Issue: 1, January, 2008, pp. 123–130.
8. Lin Z.; Deng S.: A study on the thermal comfort in sleeping environments in the subtropics—Measuring the total insulation values for the bedding systems commonly used in the subtropics, Building and Environment Volume: 43, Issue: 5, May, 2008, pp. 905–916
9. Kovacs F. M., Abaira V., Peña A., Martín-Rodríguez J. G., et. al.: Effect of firmness of mattress on chronic non-specific low-back pain: randomised, double-blind, controlled, multicentre trial, The Lancet Volume: 362, Issue: 9396, November 15, 2003, pp. 1599–1604
10. Smardzewski J., Matwiej Ł.: 2007 Analysis of the man-bed mechanical system. International Conference Calunnicke Dni, Teoria a prax, Zvolen 06.09.2007.
11. Winkler T. (2005): Komputerowo wspomagane projektowanie systemów antropotechnicznych. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa, 2005.

Recenzent:  
**Jerzy SMARDZEWSKI**

## **Stand for testing the endurance and hardness of bed systems**

### **Keywords**

tests of endurance and hardness rating of bed system, distributed control system, model for determining endurance rating.

**Summary**

The article presents an innovative system for attestation tests of endurance and hardness of bed systems, which constitute furniture equipment. An original test stand is presented consisting of a specialised machine, operational procedures that have been used for stand control, and models for determining indicators to assess the endurance and hardness. The results of verification tests of the developed system are also shown. The new possibilities for the application of the system for rheological tests of materials that comprise the bed systems are indicated.