

POLITECHNIKA



BIAŁOSTOCKA

WYDZIAŁ



**INŻYNIERII
ZARZĄDZANIA**

KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

Fizyka drewna

Kod przedmiotu: IMS02846, IMN02846

Ćwiczenie nr 4

WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE DREWNA – POMIARY NAPRĘŻEŃ

Opracował:

dr inż. Arkadiusz Łukjaniuk

Białystok 2020

Wszystkie prawa zastrzeżone

Wszystkie nazwy handlowe i towarów występujące w niniejszej instrukcji są znakami towarowymi zastrzeżonymi lub nazwami zastrzeżonymi odpowiednich firm odnośnych właścicieli.

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z właściwościami mechanicznymi drewna, metodami pomiaru wybranych rodzajów naprężeń oraz przyczynami błędów pomiaru tych wielkości.

1. Podstawy teoretyczne

Prawem definiującym związek naprężeń z odkształceniami jest prawo Hooke'a., które mówi że pewnym zakresie obciążeń wydłużenie ciała sprężystego jest proporcjonalne do siły, która powoduje te wydłużenie:

$$\varepsilon = \sigma / E, \quad (1)$$

gdzie:

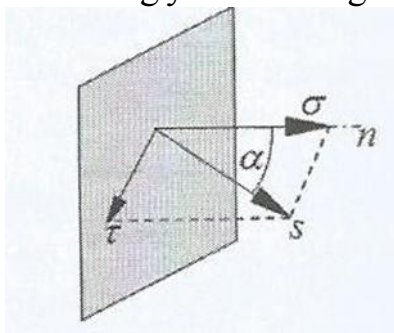
ε - odkształcenie, inaczej zwane wydłużeniem jednostkowym;

σ - naprężenia [MPa];

E – współczynnik proporcjonalności, zwany również modułem Younga lub współczynnikiem sprężystości [MPa].

Wyróżnia się dwie składowe wektora naprężeń (rys. 1):

- naprężenia normalne σ , którego rzut wektora naprężenia s w stosunku do płaszczyzny przekroju ma kierunek prostopadły;
- naprężenia styczne τ (tnące bądź ścinające) i jest rzut wektora naprężenia s na obiekt w kierunku równoległym do danego przekroju.



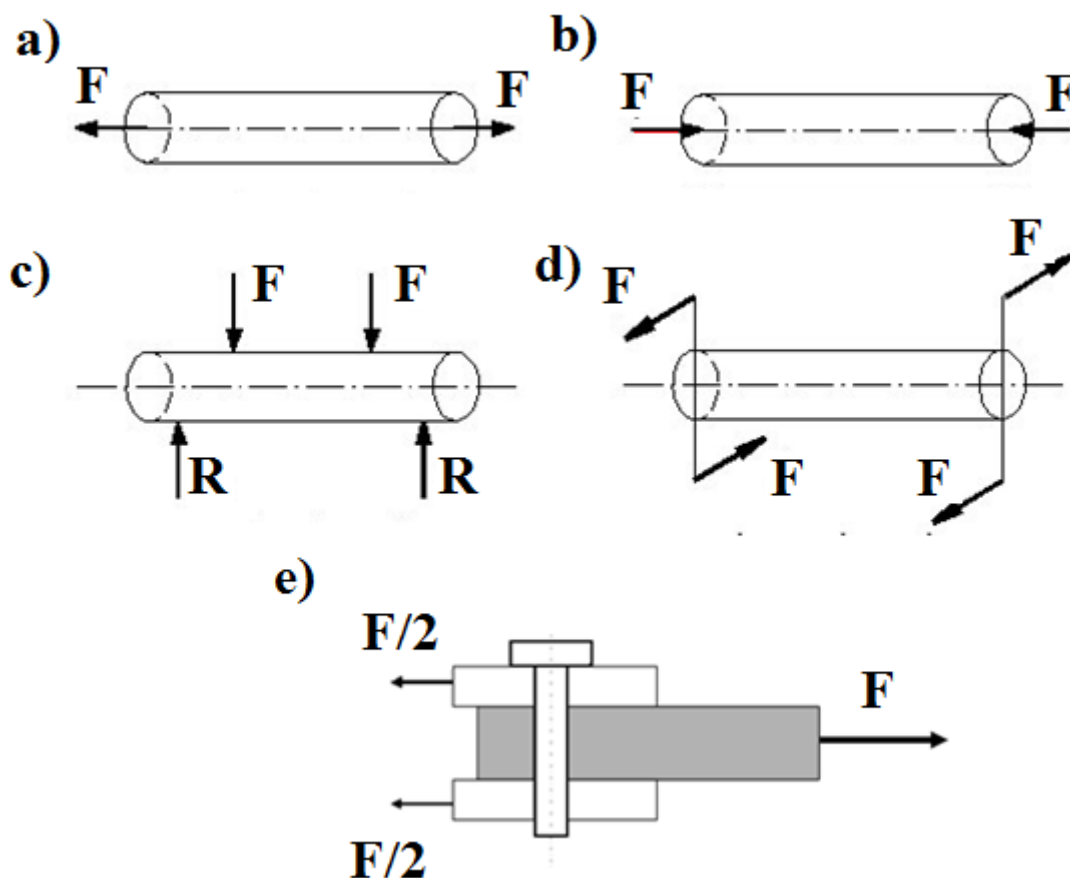
Rysunek 1. Rozkład składowych wektora naprężenia

Źródło: J. Górski, J. Przewłocki, M. Skowronek, K. Winkelmann, Mechanika i wytrzymałość materiałów, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2014

Ze względu na rodzaj działających sił zewnętrznych wyróżnia się typowe proste przypadki wytrzymałościowe (rys. 2):

- przy występowaniu naprężeń normalnych:
 - ✓ rozciąganie lub ściskanie (działa siła podłużna F);
 - ✓ zginanie - występuje moment zginający Mg pod wpływem działania siły F ;
- przy występowaniu naprężeń stycznych:
 - ✓ skręcanie – powstaje od momentu skręcającego Ms w wyniku działania pary sił F - powoduje on występowanie naprężeń ścinających w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny działania momentu;

✓ ścinanie - występuje siła poprzeczna działająca na sworzeń – rys. 2e).



Rysunek 2. Rozkład sił w poszczególnych rodzajach naprężeń: a) rozciągające, b) ściskające, c) zginające, d) skręcające, e) tnące

Drewno jest materiałem anizotropowym więc posiada różne wartości wytrzymałości w różnych kierunkach. Rozróżnia się wytrzymałość drewna na ściskanie wzdłuż włókien oraz na ściskanie prostopadłe do włókien (kierunek promieniowy i styczny). Łatwiej przenosi siły działające wzdłuż włókien. Wytrzymałość drewna uwarunkowana jest takimi jak wilgotność, gęstość, udział drewna wczesnego i późnego czy jego wady. Wzrost wilgotności od 0% do punktu nasycenia włókien powoduje spadek wytrzymałości. Odchylenia przebiegu włókien od kierunku równoległego do osi drewna zmniejszają wytrzymałość, wzrasta ona natomiast w miarę wzrostu gęstości. Przy spadku gęstości objętościowej z 600 do 400 kg/m³ wytrzymałość przy ściskaniu i zginaniu zmniejsza się więcej niż 1,5 raza. Obecność wad oraz zgnilizny powodują obniżenie wytrzymałości drewna.

Wytrzymałość drewna na rozciąganie wzdłuż włókien zmniejsza się wraz ze wzrostem odchylenia siły od tego kierunku i wynosi średnio $2 \div 17\%$ tej wartości. Zależnie od rodzaju drewna wytrzymałość na rozciąganie w poprzek włókien jest od 5 do 40 razy mniejsza niż wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż

włókien. Wytrzymałość na rozciąganie w poprzek włókien w kierunku stycznym jest wyższa niż wytrzymałość w kierunku promieniowym. Dla drewna sosnowego wytrzymałość na rozciąganie w kierunku promieniowym stanowi 2,4%, a w kierunku stycznym 4,1% wytrzymałości na rozciąganie wzdłuż włókien. Na obniżenie wytrzymałości duży wpływ mają również pęknięcia, które mogą obniżyć wartość normową nawet do 30%. Wartości wytrzymałości na rozciąganie dla wybranych gatunków drewna przy wilgotności 15% podano w tabeli 1, a w tabeli 2 - wpływ sęków na wytrzymałość na rozciąganie.

Tabela 1. Wytrzymałość drewna na rozciąganie dla wybranych gatunków [3]

Gatunek drewna	Gęstość objętościowa [kg/m ³]	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	
		wzdłuż włókien	w poprzek włókien
Buk	730	135	7
Dąb	710	90	11
Grab	830	107	4
Jesion	750	104	7
Klon	660	100	3,5
Lipa	530	85	-
Olcha	530	-	2
Sosna	550	140	3
Świerk	470	90	2,7
Topola	450	77	-
Mahoń	600	-	7

Tabela 2. Wpływ sęków na wytrzymałość drewna sosnowego na rozciąganie [3]

Ilość sęków	Gęstość objętościowa [kg/m ³]	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	Zmniejszenie [%]
Bez sęków	500	78,0	–
M mało sęków	530	38,4	50,8
D dużo sęków	570	11,0	85,9

Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien określa się wartością przyłożonej siły, która powoduje zniszczenie w kierunku podłużnym, odniesioną do wielkości obciążonego przekroju, natomiast wytrzymałość na ściskanie prostopadłe do włókien określa się wartością siły ściskającej w kierunku prostopadłym do włókien. Przeciętna wytrzymałość drewna na ściskanie wzdłuż włókien wynosi 39,3÷49,2 MPa, zaś w kierunku prostopadłym do włókien jest 6÷10 razy mniejsza. Wartości wytrzymałości na ściskanie dla wybranych gatunków drewna podano w tabeli 3, a tabeli 4 - wpływ sęków na wytrzymałość na ściskanie.

Tabela 3. Wytrzymałość drewna na ściskanie dla wybranych gatunków - wilgotność 15% [3]

Gatunek drewna	Gęstość objętościowa [kg/m ³]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	
		wzdłuż włókien	w poprzek włókien
Buk	730	53	9
Dąb	710	47	11
Jesion	750	47	11
Klon	660	53	10
Lipa	530	44	9,5
Olcha	530	40	6,5
Sosna	550	43,5	7,5
Świerk	470	43	6
Topola	450	30	2,7

Tabela 4. Wpływ sęków na wytrzymałość drewna sosnowego na ściskanie wzdłuż włókien [3]

Ilość sęków	Gęstość objętościowa [kg/m ³]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Zmniejszenie [%]
Bez sęków	500	40,3	–
Mało sęków	530	36,1	10,4
Dużo sęków	570	31,4	22,1

Zginanie elementu drewnianego powoduje ściskanie włókien od strony przyłożenia siły i rozciąganie od strony przeciwnej. Wytrzymałość na zginanie statyczne rośnie wraz ze wzrostem gęstości drewna oraz równoległego układu włókien. Wytrzymałość drewna na zginanie jest mniejsza niż na rozciąganie, lecz większa niż wytrzymałość na ściskanie. Większą wytrzymałość na zginanie mają zwykle drewna o dużej wytrzymałości na ściskanie. Duży wpływ na obniżenie wytrzymałości drewna na zginanie mają również sęki znajdujące się w zginanym elemencie po stronie przeciwnej do działania siły. Wartości wytrzymałości na zginanie dla wybranych gatunków drewna podano w tabeli 5, a tabeli 6 - wpływ sęków na wytrzymałość na zginanie.

Tabela 5. Wytrzymałość drewna na zginanie dla wybranych gatunków - wilgotności 12% [3]

Gatunek drewna	Gęstość objętościowa [kg/m ³]	Wytrzymałość na zginanie [MPa]	Gatunek drewna	Gęstość objętościowa [kg/m ³]	Wytrzymałość na zginanie [MPa]
Akacja	770	120	Klon	660	117
Brzoza	650	125	Lipa	530	90
Buk	730	105	Modrzew	690	85
Dąb	710	93	Olcha	530	85
Grab	830	107	Sosna	550	78
Jodła	450	62	Świerk	470	66
Jesion	750	99	Topola	450	55

Tabela 6. Wpływ sęków na wytrzymałość drewna sosnowego i świerkowego na zginanie [3]

Drewno	Zginanie w kierunku promieniowym		Zginanie w kierunku stycznym	
	Wytrzymałość [MPa]	Zmniejszenie [%]	Wytrzymałość [MPa]	Zmniejszenie [%]
Sosna				
Bez sęków	50,2	-	55,2	-
Dużo sęków	42	16,3	35,6	35,5
Świerk				
Bez sęków	53	-	56,6	-
Dużo sęków	46,4	12,5	43,2	23,7

Wytrzymałość drewna na ścinanie określa się wartością siły ścinającej działającej w kierunku równoległym do włókien odniesioną do wartości przekroju. Naprężenie ścinające występuje wówczas, gdy na badaną próbkę drewna działają dwie siły równoległe, przeciwnie skierowane, dążące do przesunięcia cząstek drewna w kierunku stycznym do badanego przekroju. Ścinanie w drewnie towarzyszy zginaniu i rozciąganiu. Wytrzymałość na ścinanie w kierunku równoległym do włókien wynosi 12÷25% wytrzymałości na ściskanie w kierunku równoległym do włókien. Wytrzymałość drewna na ścinanie wzdłuż włókien jest jedną z najniższych wytrzymałości drewna. Przeciętna wytrzymałość drewna na ścinanie wynosi 1/8÷1/6 wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien oraz 1/10÷1/8 wytrzymałości na rozciąganie w kierunku równoległym do włókien. Wszelkie odchylenia od prawidłowej budowy drewna (pęknięcia czy skręt włókien) mają negatywny wpływ na jego wytrzymałość na ścinanie. Pęknięcia powodują obniżenie o 33% wytrzymałości. W tabeli 7 podano wartości wytrzymałości na ścinanie dla wybranych gatunków drewna.

Tabela 7. Wytrzymałość drewna na ścinanie dla wybranych gatunków - wilgotności 12% [3]

Gatunek drewna	Gęstość objętościowa [kg/m ³]	Wytrzymałość na ścinanie [MPa]	Gatunek drewna	Gęstość objętościowa [kg/m ³]	Wytrzymałość na ścinanie [MPa]
Akacja	770	16	Klon	660	9
Brzoza	650	12	Lipa	530	4,5
Buk	730	8	Modrzew	690	9
Dąb	710	11	Olcha	530	4,5
Grab	830	8,5	Sosna	550	10
Jodła	450	5,1	Topola	450	7
Jesion	750	12,8	Wiąz	680	7
Jawor	670	9	Świerk	470	6,7

2. Obliczanie wartości naprężeń zginających i skręcających

Naprężenia zginające σ_o w wybranym miejscu belki zamocowanej jednostronnie (rys. 3) obliczamy z zależności:

$$\sigma_o = \frac{M_g(x)}{W_g}, \quad W_g = \frac{bh^2}{6}, \quad M_g(x) = F(l-x), \quad (1)$$

gdzie: F – siła działająca na belkę w [N];

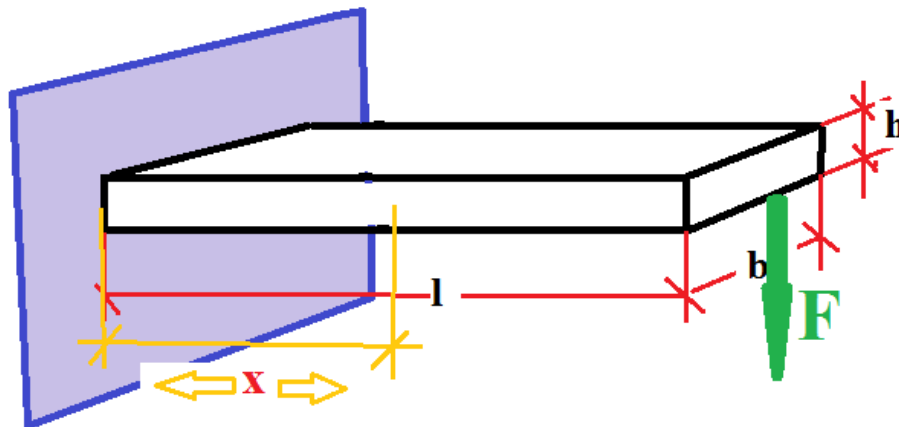
b – szerokość belki w [m];

h – wysokość belki w [m];

E – moduł Younga (dla stali $2,1 \cdot 10^5$ MPa);

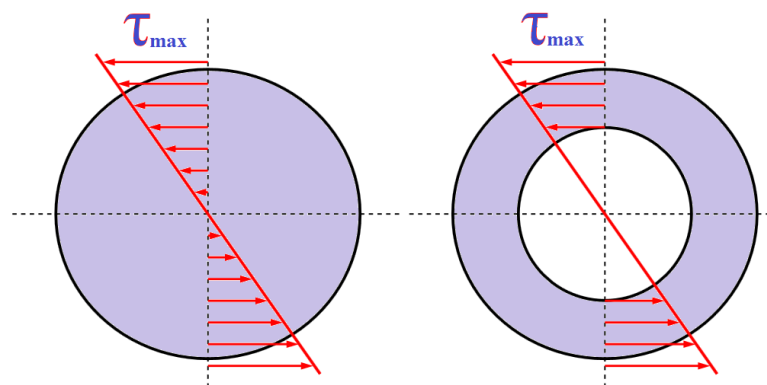
l – odległość umiejscowienia siły od zamocowania belki [m];

x – współrzędna obliczania naprężeń.



Rys. 3. Belka zginana zamocowana jednostronnie

Na rys. 4 przedstawiony jest rozkład naprężeń skręcających w przekroju rury i pręta.



Rys. 4. Rozkład naprężeń skręcających w przekroju pręta i rury

Naprężenia skręcające występujące w rurze obliczamy z następujących zależności (rys. 5):

$$\tau_{so} = \frac{M_s}{W_0}, W_0 = \frac{\pi}{16} \frac{D^4 - d^4}{D}, M_s = mgl, \quad (2)$$

gdzie: M_s – moment skręcający w Nm ;

W_0 – wskaźnik wytrzymałości przekroju na skręcanie w m^3 ;

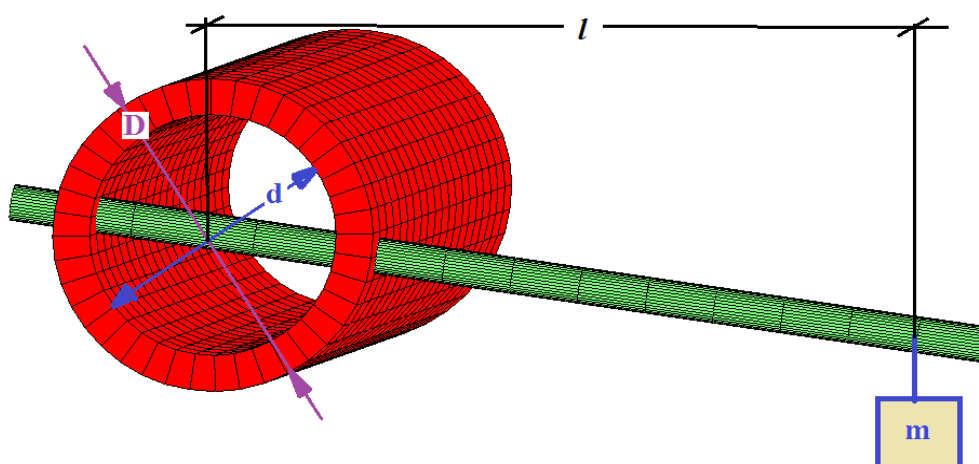
D – średnica zewnętrzna rury w m ;

d – średnica wewnętrzna rury w m ,

m – masa obciążenia w kg ;

g – przyspieszenie ziemskie $\approx 9,81 m/s^2$;

l – długość ramienia, na którym zawieszane są odważniki w m .



Rys.5. Ilustracja wielkości geometrycznych występujących we wzorze (2)

Naprężenia zginające i skręcające mogą być mierzone za pomocą mostków tensometrycznych współpracujących z oprogramowaniem National Instruments – NI USB-9162. Wartość naprężeń zginających σ_p uzyskanych przy pomocy pomiarów obliczamy na podstawie:

$$\sigma_p = \varepsilon_p E, \quad (3)$$

gdzie: ε_p – odkształcenie zmierzone za pomocą modułu NI USB-9162.

Naprężenia skręcające τ_{sp} wyznaczone za pomocą pomiarów mostkiem NI USB-9162 obliczymy z zależności (4):

$$\tau_{sp} = \varepsilon_p G, \quad (4)$$

gdzie: G – moduł sprężystości poprzecznej (dla stali $G = E/(2(1+\nu))$) w MPa);

ν – liczba Poissona (dla stali $\nu=0,3$).

Błąd względny pomiaru naprężeń skręcających należy obliczyć korzystając ze wzoru (5):

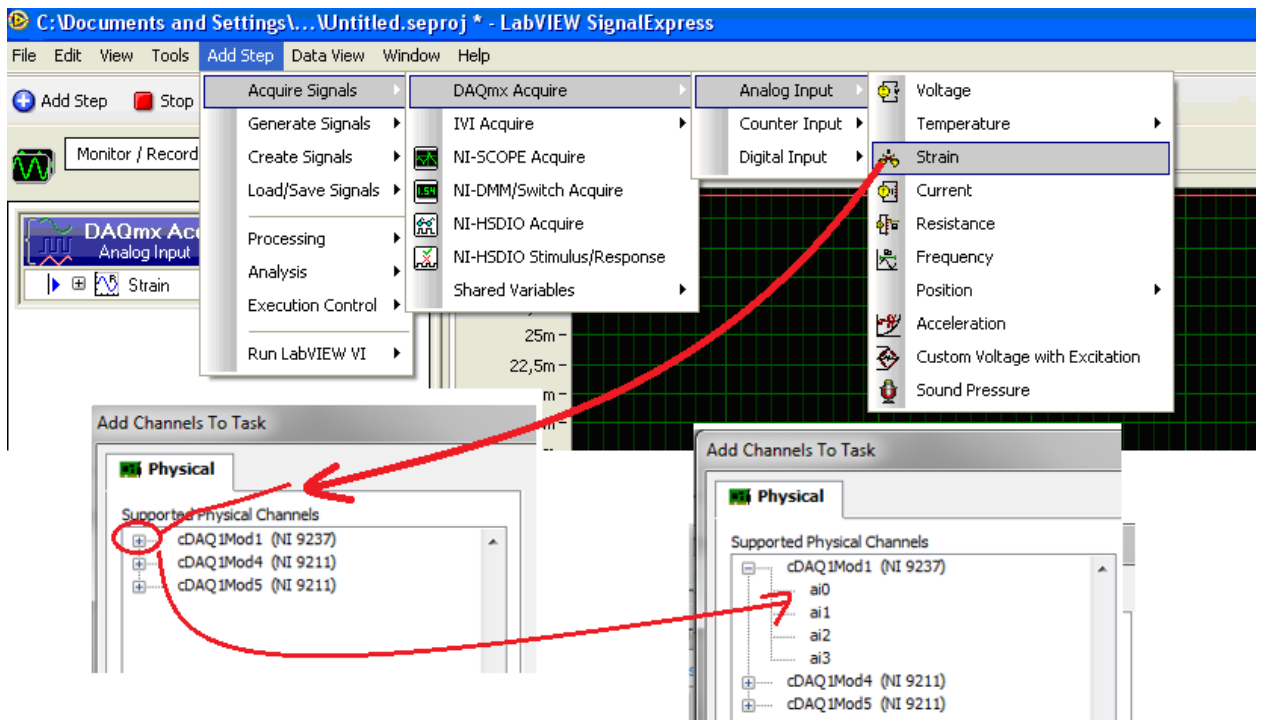
$$\delta = \frac{\tau_{so} - \tau_{sp}}{\tau_{so}} \cdot 100\% \quad (5)$$

Natomiast błąd pomiaru naprężeń zginających wyznaczmy z zależności (6):

$$\delta = \frac{\sigma_o - \sigma_p}{\sigma_o} \cdot 100\% \quad (6)$$

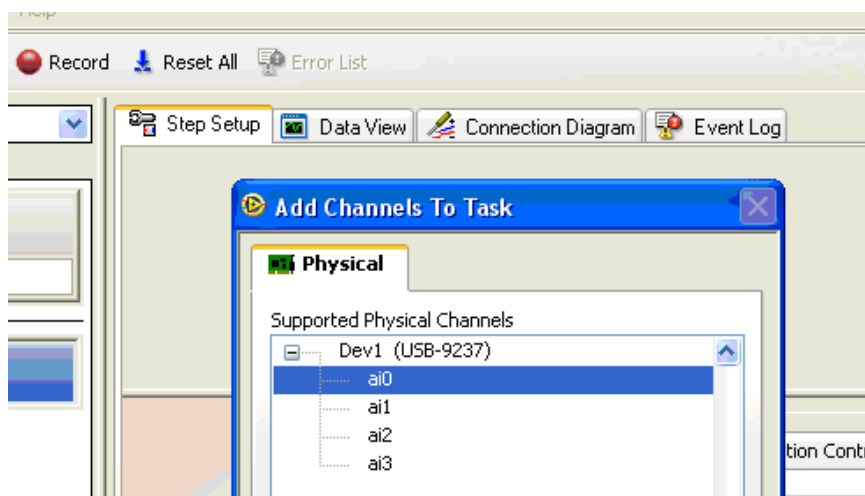
3. Przygotowanie do pomiarów mostka tensometrycznego NI USB-9162

W celu dokonania pomiarów odkształceń przy pomocy mostka tensometrycznego National Instruments NI USB-9162 należy uruchomić program LabVIEW SignalExpress. Następnie wybrać rodzaj mierzonej wielkości w następującej kolejności: **Add Step** → **Acquire Signals** → **DAQmx Acquire** → **Analog Input** → **Strain** (w naszym przypadku pomiar odkształceń – strain – rys. 6) → **+** **cDAQ 1Mod1 (NI 9237)**.



Rys. 6. Wybór rodzaju mierzonej wielkości oraz modułu pomiarowego

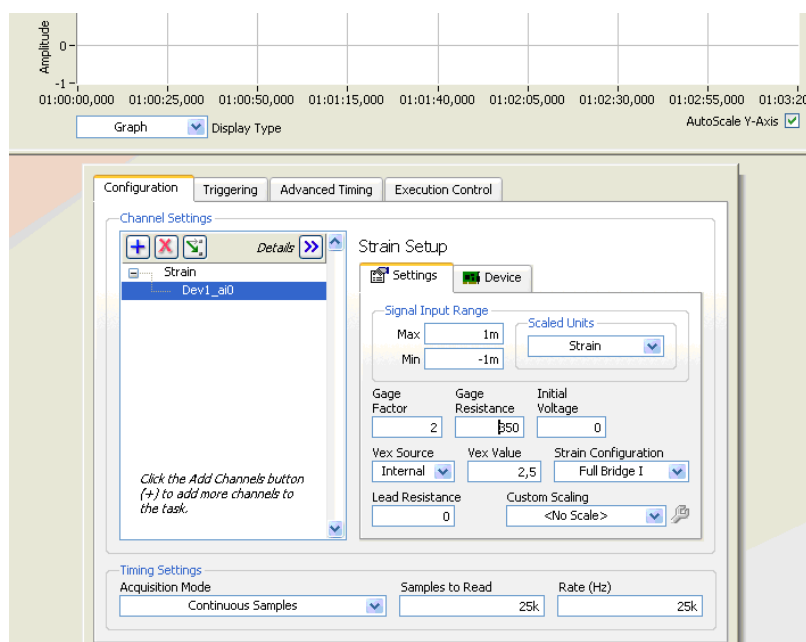
Następnie należy przeprowadzić wybór i konfigurację odpowiednich kanałów mostka. W tym celu należy zaznaczyć kursorem np. kanał **ai0** (rys.7) i potwierdzić „**OK.**”.



Rys. 7. Wybór kanału mostka tensometrycznego.

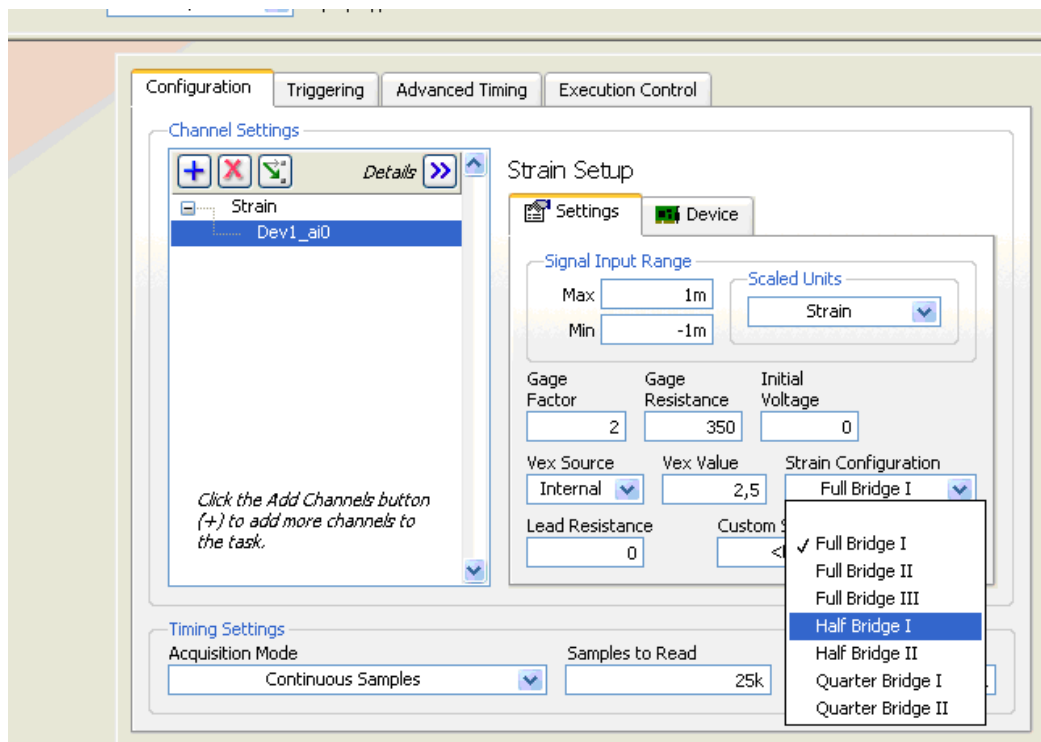
Po pojawieniu się okna jak na rys. 8 należy przeprowadzić ustawienia danego kanału, a mianowicie:

- wprowadzić wartość rezystancji tensometru ($R=120,1\ \Omega$);
- wprowadzić wartość stałej tensometru ($k=2,13$);
- wpisać rozmiar bloku próbek (**Samples to Read** – 20k) i częstotliwość próbkowania (**Rate** – 10k);



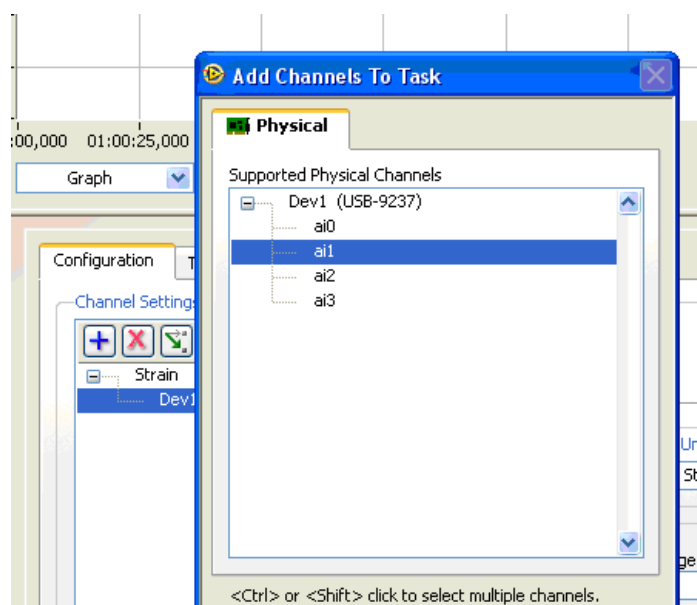
Rys. 8. Parametry kanału mostka tensometrycznego.

- wybrać konfigurację mostka (**Half Bridge I** – pomiar naprężeń zginających - rys.9).



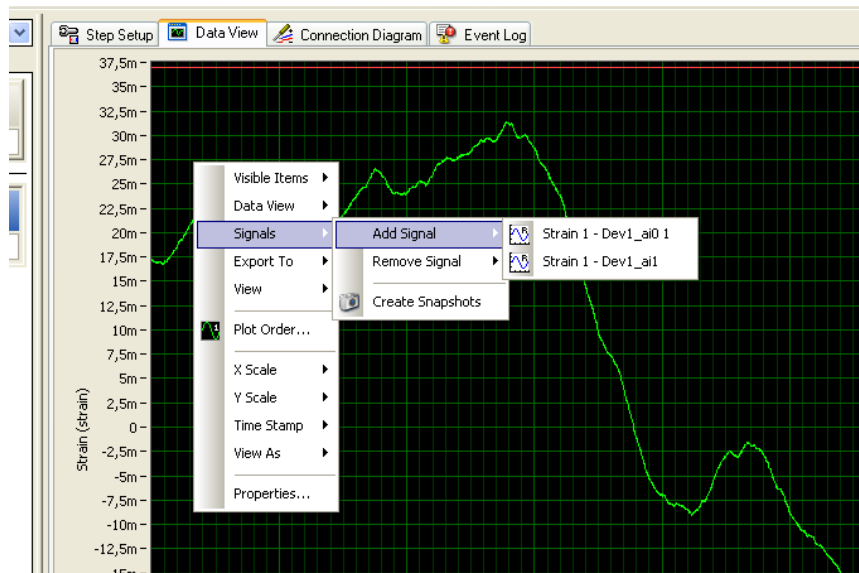
Rys. 9. Wybór konfiguracji mostka tensometrycznego.

W celu dodania następnych kanałów należy uaktywnić przycisk „+” (rys.9) i zaznaczyć odpowiedni kanał (np. **ai1** – rys. 10). Kanał będzie miał takie same ustawienia jak poprzednio skonfigurowany kanał.



Rys. 10. Aktywacja kolejnych kanałów mostka tensometrycznego.

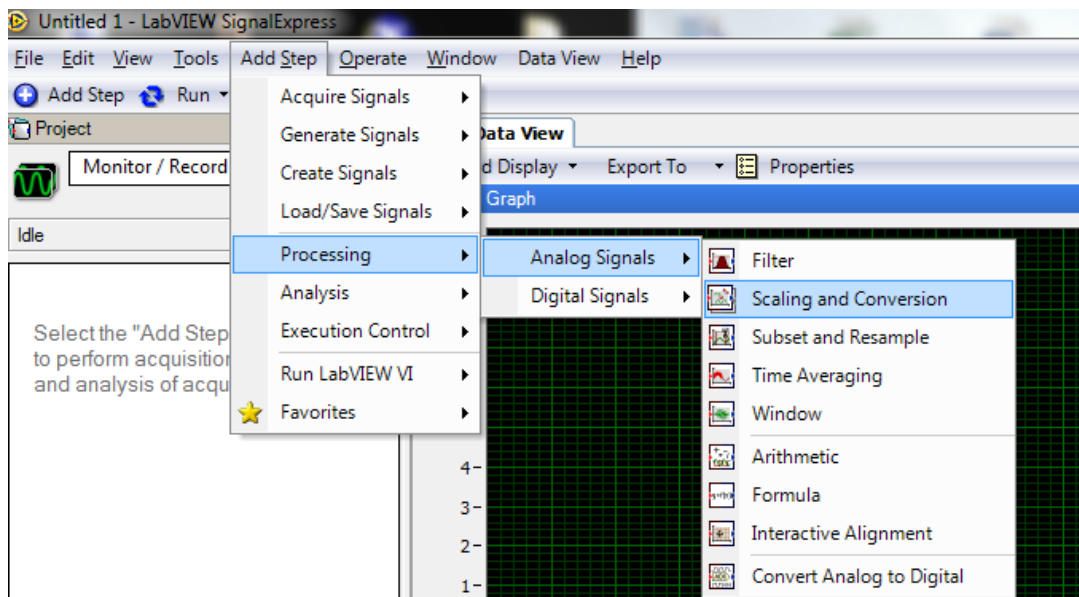
Po wykonaniu tych czynności należy włączyć pomiary (opcja RUN w lewym górnym rogu ekranu). Następnie należy otworzyć okno wizualizacji wyników pomiaru **Data View** (rys. 11) i wybrać niezbędne do wyświetlania numery kanałów (opcje: **Signals** → **Add Signal** → **nr kanału**). Usuwanie niepotrzebnych do prezentacji kanałów odbywa się przy pomocy opcji **Remove Signals**.



Rys.11. Wizualizacja wybranych przebiegów.

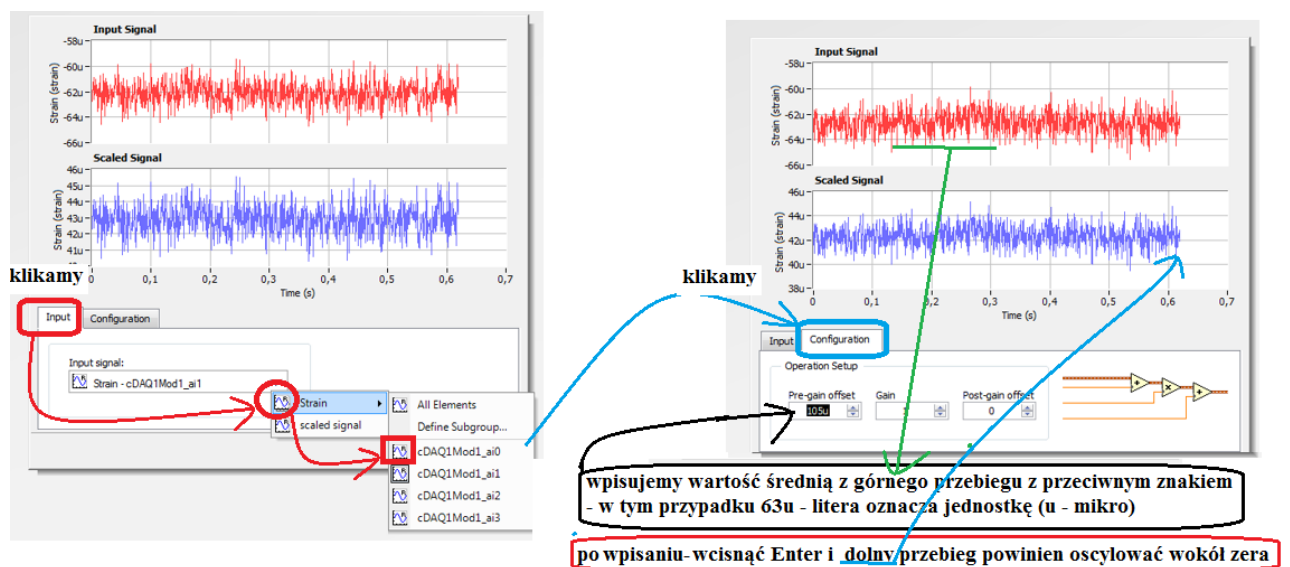
Nietrudno zauważyć, że obserwowane przebiegi pomimo braku obciążenia wskazują wartości różne od „0”. W celu wyzerowania przebiegów należy:

- wyskalować (rys. 12 - **Add Step** → **Processing** → **Analog Signals** → **Scaling and Conversion**);



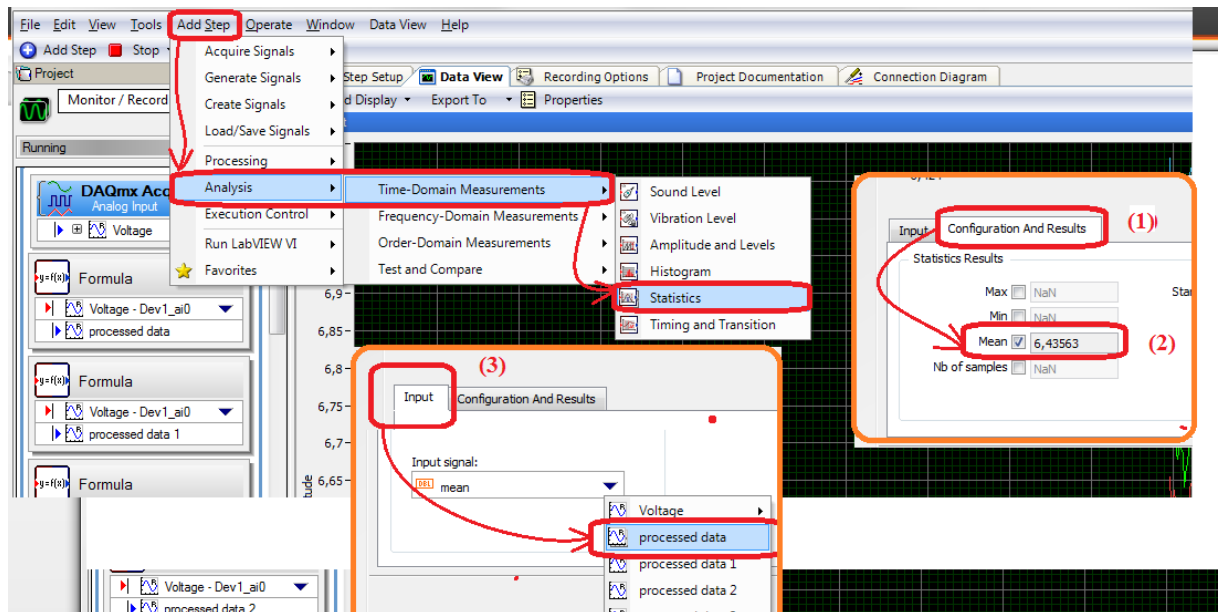
Rys.12. Aktywacja opcji skalowania.

- kolejność operacji - rys. 13: klikamy **Input** → **Strain** → wybieramy pierwszy kanał - **cDAQ 1Mod1_ai0**, następnie klikamy **Configuration** i w okienku „Pre=gain-offset” wpisujemy z przeciwnym znakiem i odpowiednią literą średnią wartość górnego przebiegu → **Enter** → dolny przebieg powinien oscylować wokół zera. Powtarzamy to samo dla pozostałych kanałów;



Rys.13. Instrukcja do procesu skalowania.

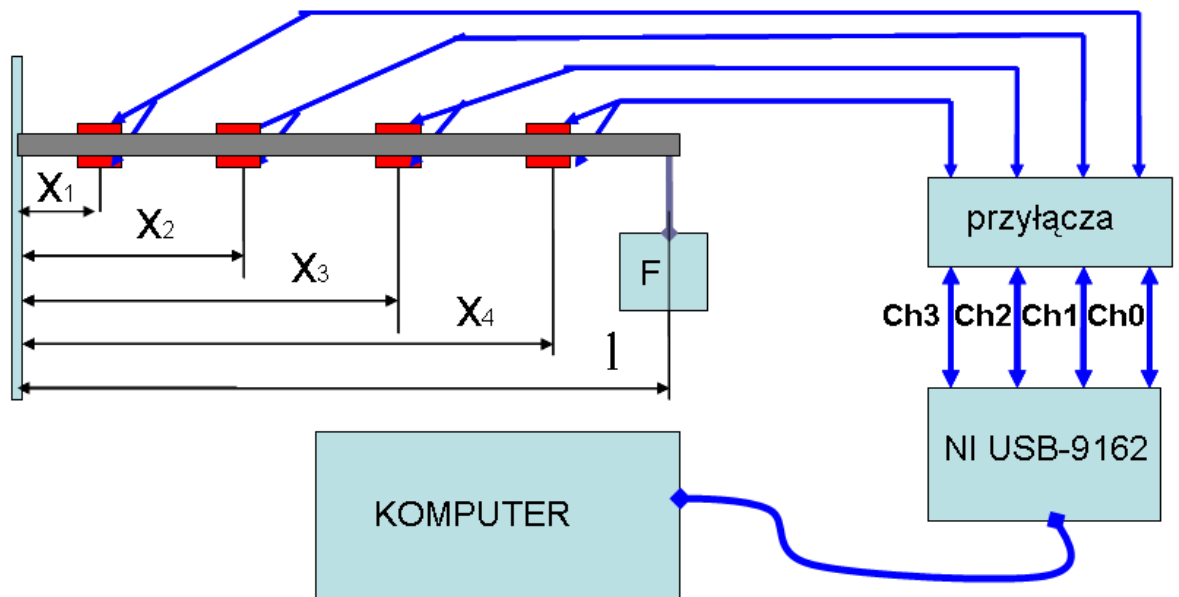
- Następnie wchodzimy do opcji wizualizacji przebiegów (rys.11) i usuwamy aktywne przebiegi, a w ich miejsce wstawiamy przebiegi wyskalowane (scaled).
- W celu otrzymania wartości średniej pomiaru należy wykonać: **Add step**→**Analysis**→**Time Domain Measurements**→**Statistic** (rys. 14). Następnie kliknąć na okno **Configuration and Results** (1) i odznaczyć **Min** i **Max**, a zaznaczyć **Mean** (2). Po wykonaniu tych operacji poprzez okno **Input** (3) wybrać uśredniany kanał (scaled, scaled1).



Rys. 14. Uruchomienie operacji uśredniania mierzonej wielkości.

4. Pomiar naprężeń zginających przy pomocy mostka tensometrycznego NI USB-9162

1. Po przeprowadzonej konfiguracji systemu zgodnie z instrukcją należy wygasić ewentualne drgania belki (belka nieobciążona).
2. Po wyzerowaniu zanotować do tabeli 8 wartości odkształceń w wybranych kanałach mostka.
3. Delikatnie zawiesić na końcu belki odważnik o masie 0,5 kg i stłumić oscylacje belki, zanotować tabeli 8 wartości odkształceń.



Rys.15. Schemat ideowy układu do pomiaru naprężeń zginających.

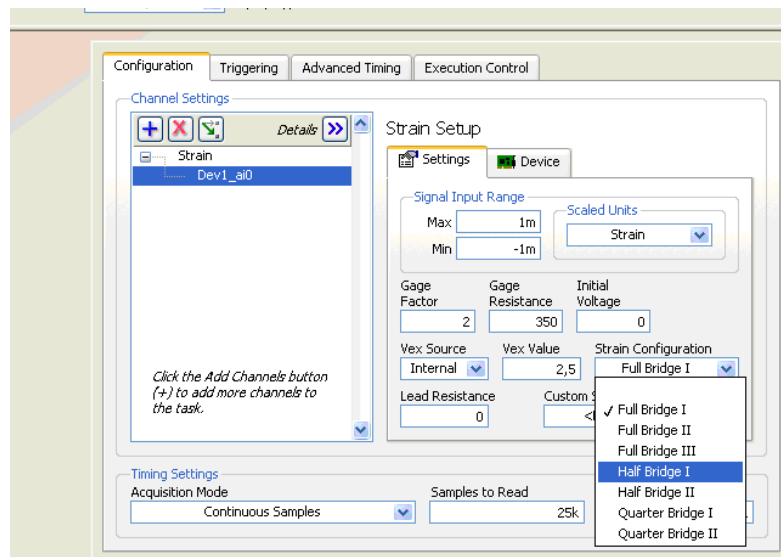
4. Przeprowadzić pomiary dla pozostałych wartości obciążeń wskazanych w tabeli 8.
5. Obliczyć wielkości podane w tabeli 8 i przeprowadzić analizę uzyskanych rezultatów.
6. Sporządzić na jednym wykresie: $\sigma_p = f(F)$ i $\sigma_o = f(F)$ dla wszystkich kanałów pomiarowych.
7. Sporządzić na jednym wykresie (wykres kolumnowy): $\delta = f(F)$ dla wszystkich kanałów pomiarowych.
8. Przeanalizować uzyskane zależności i wskazać przyczyny błędów.

Tabela 8. Pomiary naprężeń zginających

l= m; b= m; h= m; x ₁ = m; x ₂ = m;										
m kg	Ch					Ch				
	ϵ	ϵ_o	σ_p	σ_o	δ	ϵ	ϵ_o	σ_p	σ_o	δ
	μD	μD	MPa	MPa	%	μD	μD	MPa	MPa	%
0										
0,5										
1,0										
1,5										
2										
2,5										
3										

5. Pomiar naprężeń skręcających przy pomocy mostka tensometrycznego NI USB-9162

Przed rozpoczęciem pomiarów należy wybrać odpowiedni kanał pomiarowy (wskaże prowadzący ćwiczenie) i ustawić konfigurację mostka według rys. 16.



Rys. 16. Wybór konfiguracji mostka tensometrycznego

Następnie wykonać odpowiednie pomiary niezbędnych elementów stanowiska pomiarowego i zanotować w tabeli 9 (zgodnie z rys. 5) oraz przeprowadzić zerowanie mostka i aktywowanie opcji wyliczania średniej (jak w rozdz. 4).

1. Po wyzerowaniu zanotować do tabeli 9 wartość odkształcenia przy braku obciążenia.
2. Delikatnie zawiesić na końcu ramienia odważnik o masie 1 kg i zanotować w tabeli 9 wartości odkształceń.
3. Przeprowadzić pomiary dla pozostałych wartości obciążeń wskazanych w tabeli 9.
4. Obliczyć wielkości podane w tabeli 9 i przeprowadzić analizę uzyskanych rezultatów.
5. Sporządzić na jednym wykresie: $\tau_{so} = f(F)$ i $\tau_{sp} = f(F)$ dla wszystkich kanałów pomiarowych.
6. Sporządzić na jednym wykresie (wykres kolumnowy): $\delta = f(F)$ dla wszystkich kanałów pomiarowych.
7. Przeanalizować uzyskane zależności i wskazać przyczyny błędów.

Tabela 9. Wyniki pomiarów naprężeń skręcających

L=.....m; D=.....m; d=.....m					
Masa obciążenia <i>m</i>	Moment skręcający <i>M_s</i>	Naprężenie skręcające obliczone <i>τ_{so}</i>	Odształcenie <i>ε</i> zmierzone systemem NI USB-9162	Naprężenie skręcające zmierzone <i>τ_{sp}</i>	Względna różnica <i>δ</i> wyznaczonych naprężeń <i>τ</i>
kg	Nm	MPa	μD	MPa	%
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					

3. Pytania kontrolne

1. Podaj i skomentuj wzór określający prawo Hooke'a.
2. Zdefiniuj i opisz naprężenia rozciągające, ściskające, skręcające ściskające, podaj jednostki.
3. Opisz budowę pnia oraz opisz wady drewna.
4. Wymień i przeprowadź analizę parametrów drewna mających wpływ na charakterystyki wytrzymałościowe.
5. Porównaj właściwości drewna na zginanie i ściskanie.
6. Porównaj właściwości drewna na rozciąganie i ściskanie.
7. Podaj definicję odkształcenia jednostkowego ϵ oraz naprężenia skręcającego τ oraz ich jednostki.
8. Wymień rodzaje tensometrów i narysuj budowę jednego z nich.
9. Opisz metodykę obliczania naprężeń skręcających, zginających.
10. Opisz procedurę pomiaru naprężeń skręcających, zginających za pomocą NI.
11. Przyczyny błędów pomiaru naprężeń skręcających, zginających i sposoby zmniejszania tych błędów.

4. Literatura

1. Kokociński W.: Drewno pomiary właściwości fizycznych i mechanicznych, Poznań 2006.

Laboratorium „Fizyka drewna”

Ćw. Nr4 „Właściwości mechaniczne drewna – pomiary naprężeń”

2. Budownictwo ogólne, Materiały i wyroby budowlane, T. 1, Arkady, Warszawa 2010.
3. Kotwica J.: Konstrukcje drewniane w budownictwie tradycyjnym, Arkady, Warszawa 2011.
4. Miłek M.: *Pomiary wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi*: podręcznik akademicki, Zielona Góra: Politechnika Zielonogórska, 1998.
5. Chwaleba A. i inni: *Metrologia elektryczna* WNT, Warszawa 2011.
6. Nawrocki W. : Systemy i sensory pomiarowe. WPP, Poznań 2001.

Wymagania bhp

Warunkiem przystąpienia do praktycznej realizacji ćwiczenia jest zapoznanie się z instrukcją BHP i instrukcją przeciwpożarową oraz przestrzeganie zasad w nich zawartych. Wybrane urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym mogą posiadać instrukcje stanowiskowe. Przed rozpoczęciem pracy należy zapoznać się z instrukcjami i stanowiskowymi wskazanymi przez prowadzącego.

W trakcie zajęć laboratoryjnych należy przestrzegać następujących zasad.

- ♦ Sprawdzić, czy urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym są w stanie kompletnym, nie wskazującym na fizyczne uszkodzenie.
- ♦ Sprawdzić prawidłowość połączeń urządzeń.
- ♦ Załączenie napięcia do układu pomiarowego może się odbywać po wyrażeniu zgody przez prowadzącego.
- ♦ Przyrządy pomiarowe należy ustawić w sposób zapewniający stałą obserwację, bez konieczności nachylania się nad innymi elementami układu znajdującymi się pod napięciem.
- ♦ Zabronione jest dokonywanie jakichkolwiek przełączeń oraz wymiana elementów składowych stanowiska pod napięciem.
- ♦ Zmiana konfiguracji stanowiska i połączeń w badanym układzie może się odbywać wyłącznie w porozumieniu z prowadzącym zajęcia.
- ♦ W przypadku zaniku napięcia zasilającego należy niezwłocznie wyłączyć wszystkie urządzenia.
- ♦ Stwierdzone wszelkie braki w wyposażeniu stanowiska oraz nieprawidłowości w funkcjonowaniu sprzętu należy przekazywać prowadzącemu zajęcia.
- ♦ Zabrania się samodzielnego włączania, manipulowania i korzystania z urządzeń nie należących do danego ćwiczenia.
- ♦ W przypadku wystąpienia porażenia prądem elektrycznym należy niezwłocznie wyłączyć zasilanie stanowisk laboratoryjnych za pomocą wyłącznika bezpieczeństwa, dostępnego na każdej tablicy rozdzielczej w laboratorium. Przed odłączeniem napięcia nie dotykać porażonego.