

AUTOMATYKA I STEROWANIE MASZYNA WYTRZYMAŁOŚCIOWA TYPU TIRA-TEST

OPIS NOWEGO SYSTEMU AUTOMATYKI ORAZ APLIKACJI STERUJĄCEJ TIRATESTAPP

SENGA S.C.
ul. Mogilska 80
31-456 Kraków
e-mail: senga@senga.com.pl
www.senga.com.pl

tel./fax: (12) 617 81 14
tel.: (12) 617 83 97

Informacje o bezpieczeństwie



Warunkiem bezpiecznego zainstalowania oraz użytkowania systemu jest stosowanie się do zaleceń instrukcji obsługi



Bezwzględnie należy przestrzegać wszystkich zaleceń producenta maszyny wytrzymałościowej w zakresie bezpieczeństwa użytkowania mechanizmu urządzenia.



Niewłaściwa instalacja systemu może prowadzić do zagrożenia życia lub zdrowia użytkowników



W żadnym wypadku nie jest dopuszczalne sterowanie maszyną wytrzymałościową w sytuacji gdy operator nie widzi elementów roboczych urządzenia



System został zaprojektowany zgodnie z wymogami dyrektyw Unii Europejskiej

Informacje producenta



Producent zastrzega sobie prawo do dokonywania zmian funkcjonalnych oraz konstrukcyjnych systemu w związku z ciągłym udoskonalaniem produktu.



Pisząc niniejszą instrukcję producent założył, że użytkownik jest zaznajomiony z podstawami obsługi i konfiguracji systemów operacyjnych rodziny Windows, a w szczególności z mechanizmami użytkowania plików oraz instalacji oprogramowania.

1. Spis treści

<i>Informacje o bezpieczeństwie</i>	2
<i>Informacje producenta</i>	2
1. <i>Spis treści</i>	3
2. <i>Przeznaczenie</i>	7
3. <i>Parametry techniczne</i>	8
4. <i>Ogólny opis systemu</i>	9
5. <i>Instalacja</i>	11
6. <i>Szybki start</i>	13
7. <i>Sprzętowe elementy systemu</i>	14
7.1. <i>Maszyna wytrzymałościowa</i>	14
7.2. <i>Szafa sterująca</i>	15
7.3. <i>Pilot trybu ręcznego</i>	17
8. <i>Podstawowe elementy aplikacji</i>	19
8.1. <i>Pasek menu</i>	19
8.2. <i>Pasek narzędzi</i>	20
8.3. <i>Pasek statusu</i>	20
8.4. <i>Wykres</i>	21
8.5. <i>Panel parametrów próby</i>	24
8.6. <i>Panel wyliczonych parametrów</i>	25
9. <i>Polecenia menu</i>	27
9.1. <i>Nowy</i>	27
9.2. <i>Nowa statystyka</i>	27
9.3. <i>Otwórz test</i>	27
9.4. <i>Otwórz statystykę</i>	27
9.5. <i>Zapisz</i>	28

9.6.	Zapisz jako	29
9.7.	Eksport ASCII	29
9.8.	Generuj raport	30
9.9.	Zakończ	31
9.10.	Pasek narzędzi	32
9.11.	Pasek statusu	32
9.12.	Status TiraTest	32
9.13.	Parametry próby	35
9.13.1.	Typ próby	36
9.13.2.	Rodzaj przekroju próbki	37
9.13.3.	Oprządkowanie	38
9.13.4.	Obciążenie wstępne	39
9.13.5.	Parametry próby	40
9.13.6.	Parametry próby cyklicznej	40
9.13.7.	Warunki zakończenia próby	42
9.14.	Metryka próby	43
9.15.	Start próby	43
9.16.	Wyłącz hold	44
9.17.	Zakończ próbę	44
9.18.	Wyczyść dane	45
9.19.	Nastawa prędkości w trybie ręcznym	45
9.20.	Zerowanie	46
9.21.	Kalibracja	46
9.22.	Nowe okno	48
9.23.	Kaskada	48
9.24.	Rozmieść pionowo	48
9.25.	Rozmieść poziomo	48
9.26.	Zamknij wszystkie	48
9.27.	Rozmieść ikony	49
9.28.	Lista otwartych dokumentów	49

10. Przebieg próby	50
11. Próba cykliczna	52
12. Wyniki pomiarów	55
13. Wzory	59
13.1. Użyte oznaczenia	59
13.2. Pola powierzchni przekroju poprzecznego	60
13.3. Próba ściskania i rozciągania	60
13.3.1. Naprężenia	60
13.3.2. Wydłużenie względne	60
13.3.3. Moduł Younga	61
13.4. Próba gięcia 3-punktowego	61
13.4.1. Przekrój prostokątny	61
13.4.1.1. Naprężenia	61
13.4.1.2. Wydłużenie względne	61
13.4.1.3. Moduł Younga	61
13.4.2. Przekrój kołowy	61
13.4.2.1. Naprężenia	61
13.4.2.2. Wydłużenie względne	62
13.4.2.3. Moduł Younga	62
13.4.3. Przekrój pierścieniowy	62
13.4.3.1. Naprężenia	62
13.4.3.2. Wydłużenie względne	62
13.4.3.3. Moduł Younga	62
13.5. Próba gięcia 4-punktowego	63
13.5.1. Przekrój prostokątny	63
13.5.1.1. Naprężenia	63
13.5.1.2. Wydłużenie względne	63
13.5.1.3. Moduł Younga	63
13.5.2. Przekrój kołowy	63
13.5.2.1. Naprężenia	63
13.5.2.2. Wydłużenie względne	63
13.5.2.3. Moduł Younga	63
13.5.3. Przekrój pierścieniowy	64
13.5.3.1. Naprężenia	64
13.5.3.2. Wydłużenie względne	64

13.5.3.3. Moduł Younga	64
13.6. Próba Evansa	64
13.6.1. Odporność na kruche pękanie	64
13.7. Próba cykliczna	65
13.7.1. Obciążanie siłą	65
13.7.1.1. Współczynnik odkształceń	65
13.7.1.2. Retardacja	65
13.7.2. Obciążanie odkształceniem	65
13.7.2.1. Redukcja siły	65
13.7.2.2. Relaksacja	65

2. Przeznaczenie

Przedstawione rozwiązanie powstało jako alternatywa dla technicznie przestarzałej automatyki maszyn Tira-Test 2300 i podobnych. Założeniem było stworzenie, na bazie istniejącej konstrukcji mechanicznej, systemu spełniającego współczesne wymagania jednostek badawczych w zakresie analiz wytrzymałościowych. Szczególny nacisk został położony na wysoką dokładność odwzorowania badanych przebiegów, udostępnienie użytkownikowi nowoczesnego interfejsu umożliwiającego gromadzenie i analizę danych z przeprowadzanych prób. W tym analizę statystyczną.

3. Parametry techniczne

Zasilanie:

- 3x400VAC 50/60Hz 4kW

Napęd:

4.1 Kompaktowy serwowalnik wyposażony w enkoder absolutny firmy Mitsubishi (w przypadku Tira-Test 2300 $P=3,5\text{kW}$ $\omega_n=2000\text{obr/min}$ $\omega_{\max}=3000\text{obr/min}$ $M_n=16,7\text{Nm}$ $M_{\max}=50,1\text{Nm}$ $v_{\min}=1\text{mm/min}$ $v_{\max}=600\text{mm/min}$)

4.2 Kompaktowy serwowzmacniacz firmy Mitsubishi

Sterownik:

- Dedykowany sterownik firmy SENG, oparty na procesorze sygnałowym z transmisją danych poprzez sieć Ethernet z protokołem TCP/IP; adres sieciowy IP: 192.168.0.20 podsieć: 255.255.255.0 port: 5001

Parametry metrologiczne:

- Tory pomiarowe przystosowane do współpracy z mostkami tensometrycznymi (standardowe mostki dostarczane do Tira-Test 2300 $F_{\max}=100\text{N}$ $F_{\max}=1\text{kN}$ $F_{\max}=10\text{kN}$ $F_{\max}=100\text{kN}$)
- Rozdzielczość cyfrowa: 16bit
- Rozdzielczość dla akwizycji danych: $0,01\text{N}@F_{\max}=100\text{N}$ $0,1\text{N}@F_{\max}=1\text{kN}$ $1\text{N}@F_{\max}=10\text{kN}$ $10\text{N}@F_{\max}=100\text{kN}$
- Rozdzielczość cyfrowa pomiaru położenia: 4000imp/obrót (w przypadku Tira-Test 2300 $0,125\mu\text{m}$)
- Rozdzielczość dla akwizycji danych: $1\mu\text{m}$
- Częstotliwość próbkowania: 500próbek/s na kanał

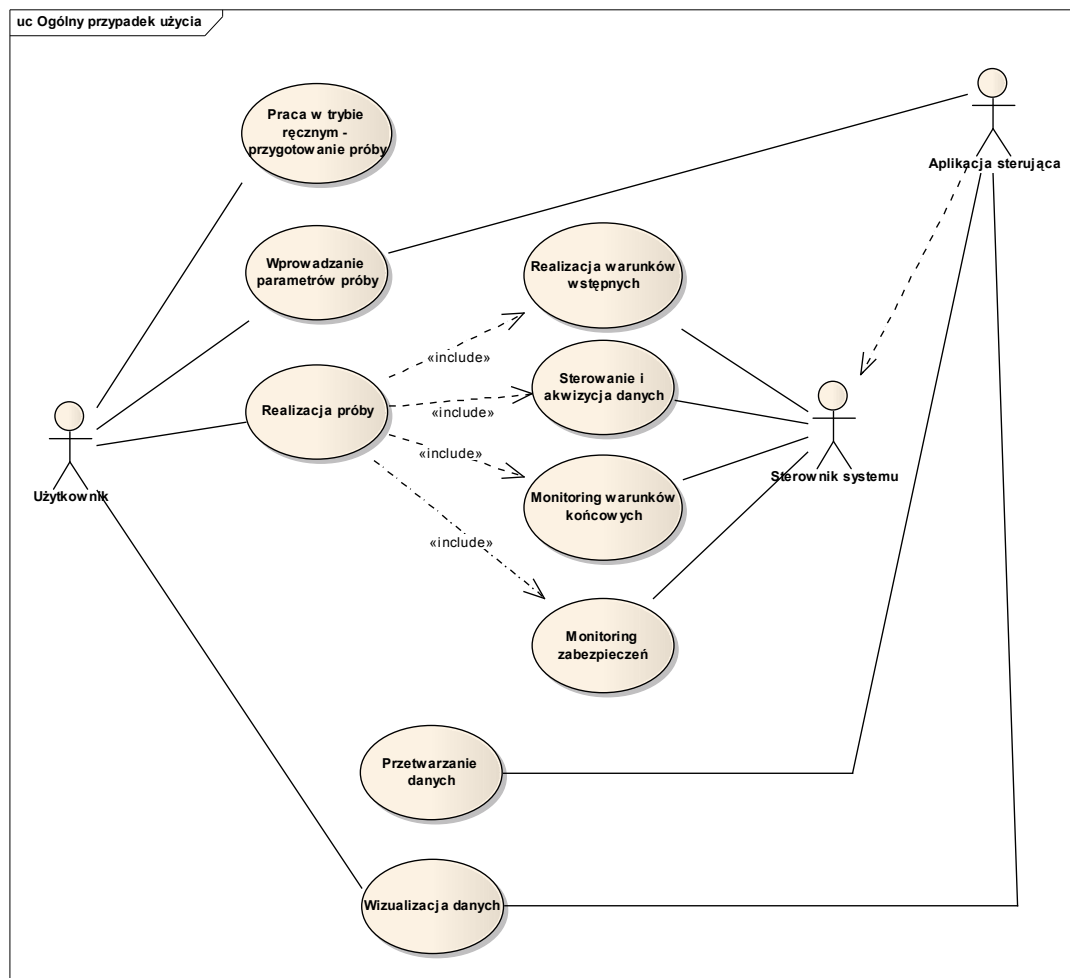
Interfejs:

- Pilot kablowy umożliwiający ręczne sterowanie napędu
- Aplikacja wykorzystująca .NET Framework dla systemu operacyjnego Windows

Szafka elektryczna:

- Wymiary: 500x700x250mm
- Ciężar: 20kg

4. Ogólny opis systemu



System składa się z następujących elementów:

- **Aplikacja sterująca** – aplikacja wykorzystująca .NET Framework stworzona dla systemu operacyjnego Windows stanowiąca interfejs użytkownika; aplikacja umożliwia parametryzację prób, wizualizację wyników, raportowanie, itd.
- **Sterownik systemu** – sterownik mikroprocesorowy komunikujący się z aplikacją sterującą; odpowiada za pracę części wykonawczej a w szczególności serwonapędu oraz gromadzenie danych i nadzór nad przebiegiem procesu; sterownik systemowy obsługuje również pilota trybu ręcznego, zamontowanego na części wykonawczej
- **Część wykonawcza** – układ mechaniczny maszyny wytrzymałościowej wyposażony w nowoczesnym serwonapędzie
- **Pilot trybu ręcznego** – umożliwia pracę w trybie ręcznym; wyposażony w następujące elementy:

- Przełącznik *AUTO/MANUAL* – przełącznik trybu pracy; w pozycji manual nie możliwe jest uruchamianie z aplikacji sterującej trybów automatycznych; w pozycji AUTO nie możliwa jest praca ręczna
- Przełącznik *Vmin/Vmax* – przełącznik wyboru pomiędzy dwiema prędkościami ruchu belki zdefiniowanymi za pośrednictwem aplikacji sterującej
- Ruch w górę – przycisk rozpoczynający ruch belki w górę
- Ruch w dół – przycisk rozpoczynający ruch belki w dół
- Przycisk *STOP* – zatrzymuje ruch belki

5. Instalacja

Instalacja sprzętowa polegająca na montażu komponentów napędu oraz szafy elektrycznej powinna być wykonana przez przeszkolony personel. Niepoprawna instalacja grozi porażeniem obsługi lub uszkodzeniem maszyny. W miejscu instalacji wymagana jest sieć elektryczna trójfazowa.



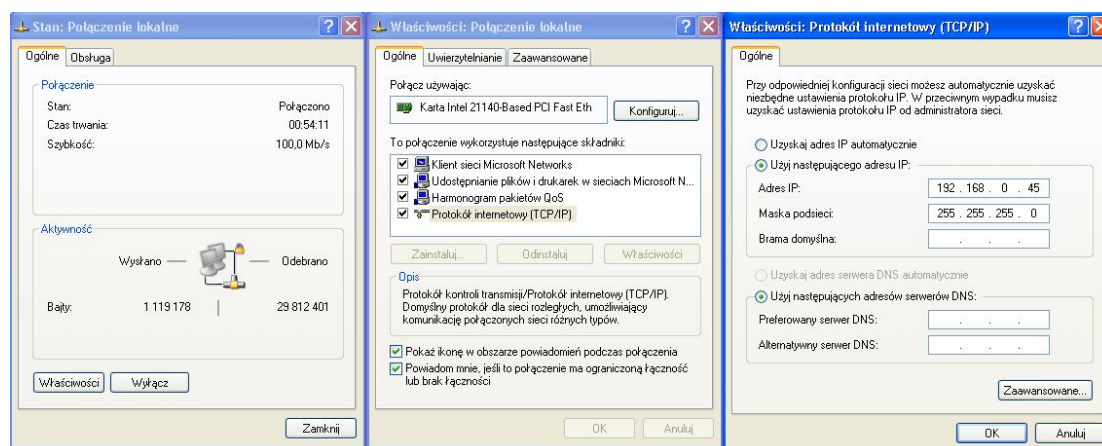
Komponenty wewnątrz szafy elektrycznej znajdują się pod napięciem, które może być niebezpieczne dla zdrowia lub życia ludzkiego.

Oprogramowanie dostarczane jest w formie pakietu instalacyjnego zawierającego:

- Wersję instalacyjną *Setup TiraTestApp.msi*
- Program *Setup.exe*, który stanowi bootstrap umożliwiający w razie automatycznego wykrycia braku *.Net Framework 2.0* pobranie go z sieci. Jeżeli wszystkie wymagania dotyczące aplikacji *TiraTestApp* są spełnione, *Setup.exe* automatycznie otwiera pakiet instalacyjny
- Wersję instalacyjną *.Net Framework 2.0*. Dołączoną w celu wyeliminowania konieczności pobierania pakietu z sieci
- Poprawkę dla systemu *WindowsXP* zawierającą *WindowsInstaller 3.1*. Konieczna w przypadku instalacji na starszych, nieaktualizowanych systemach, w sytuacji gdy podczas próby uruchomienia instalacji *Setup TiraTestApp.msi* występuje komunikat o nieobsługiwaniu tej wersji pakietów instalacyjnych

Oprogramowanie jest przeznaczone dla systemów *WindowsXP* oraz *Windows Vista*, jakkolwiek po poprawnej instalacji koniecznych dodatków związanych z *.Net Framework* istnieje możliwość uruchomienia aplikacji również na systemie *Windows98*. Konfiguracja oparta na systemach starszych niż *WindowsXP SP2* nie jest obejmowana wsparciem technicznym.

Instalacja aplikacji polega na uruchomieniu pakietu instalacyjnego i postępowaniu zgodnie z poleceniami ukazującymi się na ekranie. Jeżeli komputer, na którym zainstalowano *TiraTestApp* ma współpracować z maszyną a nie służyć jedynie do obróbki danych, należy zadbać o poprawną konfigurację sieci TCP/IP.



W tym celu we właściwościach karty sieciowej, która zostanie połączona z maszyną wytrzymałościową należy ustawić statyczny adres sieciowy IP: 192.168.0.xx i podsieć 255.255.255.0, przy czym xx jest liczbą z zakresu 1..254 z wyjątkiem 20. Adres 192.168.0.20 jest adresem sterownika maszyny. Zalecane jest, aby w miarę możliwości, komputer był podłączony bezpośrednio do maszyny, bez użycia hubów sieciowych, przełączników sieciowych i tym podobnych komponentów. W wypadku połączenia bezpośredniego należy użyć kabla sieciowego z przeplotem. Zalecane jest również wyłączenie ochrony połączenia sieciowego typu firewall podczas pracy z maszyną wytrzymałościową. W przeciwnym wypadku należy tak skonfigurować zabezpieczenia aby był możliwy bezproblemowy transfer danych. Sterownik pracuje jako serwer z otwartym portem nr 5001. Aplikacja TiraTest otwiera port przydzielony przez system operacyjny.



W żadnym wypadku nie jest dopuszczalne sterowanie maszyną wytrzymałościową w sytuacji gdy operator nie widzi elementów roboczych urządzenia. W szczególności zabronione jest zdalne sterowanie z wykorzystaniem sieci Ethernet z innego pomieszczenia niż to, w którym została zainstalowana maszyna wytrzymałościowa.

Oprogramowanie *TiraTestApp* nie posiada szczególnych wymagań sprzętowych. Jednak ze względu na pracę z dużymi strukturami danych zalecane jest posiadanie przynajmniej 100MB dostępnej pamięci operacyjnej. Ta wielkość może ulec zwiększeniu podczas pracy ze statystyką lub w przypadku szczególnie długotrwałych doświadczeń, na przykład cyklicznych. Istotne jest, aby karta sieciowa oraz infrastruktura sieciowa zapewniały stabilne połączenie o prędkości 100Mb/s.

Zalecana, minimalna konfiguracja komputera:

- Procesor: Pentium 1GHz
- Pamięć: 1GB RAM
- Dysk twardy: 4MB pod instalację aplikacji (orientacyjna objętość plików z danymi: próba trwająca 1min – około 32MB; pliki poddają się kompresji do formatu ZIP z średnim współczynnikiem w przedziale: 10..15)
- Karta sieciowa: dowolna (zalecana prędkość transmisji: 100Mb/s) – wymagana tylko w przypadku współpracy z maszyną wytrzymałościową; nie wymagana do pracy z danymi
- Karta graficzna: dowolna (zalecana rozdzielczość grafiki: minimum 1280x960)
- System operacyjny: MS Windows XP/Vista

W przypadku próby użycia komputera z niewystarczającymi zasobami użytkownik będzie obserwował spowolnienie działania systemu operacyjnego, aż do możliwości całkowitego zablokowania.

6. Szybki start

Aby wykonać próbę wytrzymałościową przy użyciu aplikacji *TiraTestApp* należy wykonać następujące czynności.

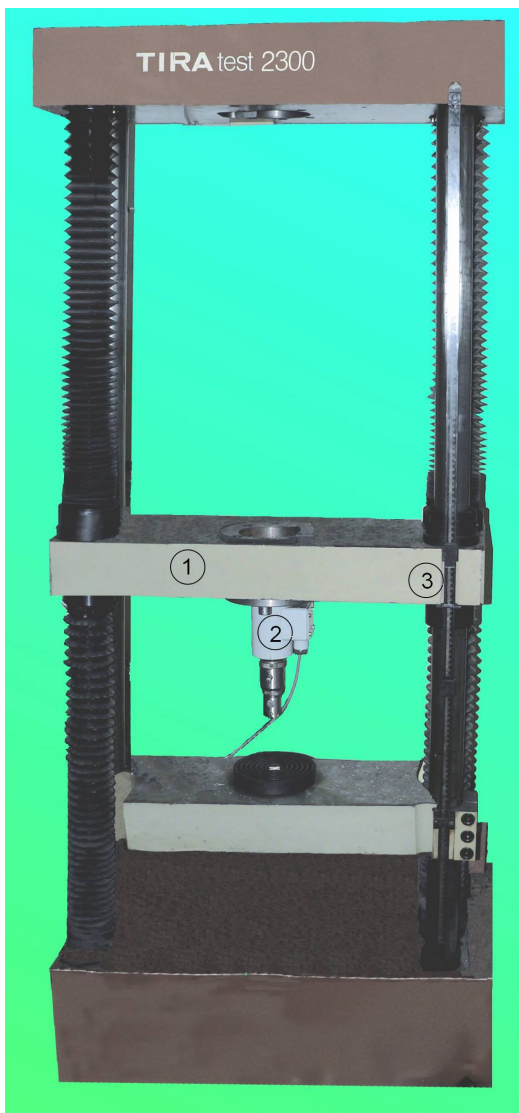
- Załączyć zasilanie szafy sterującej oraz rozpocząć pracę sterownika przyciskiem *START*
- Załączyć aplikację i upewnić się, że zostało poprawnie nawiązane połączenie (status połączenia reprezentuje ikona po lewej stronie belki statusowej okna aplikacji)
- Zainstalować odpowiednie oprzyrządowanie oraz próbkę. Upewnić się, że przetwornik siły został poprawnie połączony z szafą sterującą
- Używając pilota z przyciskami, ustawić w trybie ręcznym, ruchomą belkę maszyny wytrzymałościowej na wymaganą pozycję początkową. W razie konieczności można dostosować prędkość ruchu belki w trybie ręcznym za pomocą rozkazu *Narzędzia → Nastawy prędkości w trybie ręcznym...*
- W razie konieczności można wyzerować wskazania przetwornika siły używając polecenia *Narzędzia → Zerowanie...*
- Utworzyć w aplikacji nowy dokument używając polecenia *Plik → Nowy → Nowy*
- Sparametryzować próbę używając polecenia *Narzędzia → Parametry testu...* Wizard parametryzacji próby umożliwia wczytanie oraz zapisanie wybranych ustawień do pliku *tpar*
- Wywołać polecenie *Narzędzia → Start testu...* W rezultacie pojawi się okno dialogowe z informacją na temat wybranych parametrów próby oraz podłączonego przetwornika siły. Start testu następuje po wciśnięciu jednego z przycisków ze strzałkami w górę lub w dół. Reprezentują one kierunek ruchu belki, podczas startu próby
- Próba może zostać zakończona automatycznie na skutek wystąpienia jednego z warunków zakończenia lub może zostać przerwana przez użytkownika poleceniem *Narzędzia → Zakończ test*
- Po zakończeniu próby zgromadzone dane można: zapamiętać w postaci pliku *ttest* lub wyeksportować do pliku ASCII (rozkazy *Plik → Zapisz jako...* lub *Plik → Eksport ASCII...*). Można również przy użyciu polecenia *Plik → Generuj raport...* stworzyć, zapisać i/lub wydrukować raport z próby

Każda z wymienionych czynności zostanie szczegółowo omówiona w dalszej części niniejszej instrukcji.

7. Sprzętowe elementy systemu

7.1. Maszyna wytrzymałościowa

Ilustracja przedstawia maszynę wytrzymałościową TiraTest 2300. Urządzenie opiera się na konstrukcji ramowej. Belka robocza (1) napędzana jest za pomocą przekładni śrubowej, która z kolei jest połączona za pośrednictwem paska zębatego z przekładnią ślimakową. W trakcie modernizacji maszyna została wyposażona w nowoczesny serwonapęd.



Belka robocza (1) ma możliwość ruchu zarówno w górę jak i w dół. Do belki został zamocowany przetwornik siły (2), który jest podłączony do szafy sterującej. Na ilustracji można zauważyć, że belka stanowiąca zwieńczenie maszyny również jest przystosowana do montażu przetwornika siły. Wzdłuż prawej śruby zamontowana jest listwa z podziałką oraz dwiema krawcówkami (3), których punkt zadziałania może

być dowolnie nastawiany. Najechanie belki na którąkolwiek z krańcówek powoduje natychmiastowe wyłączenie napędu.



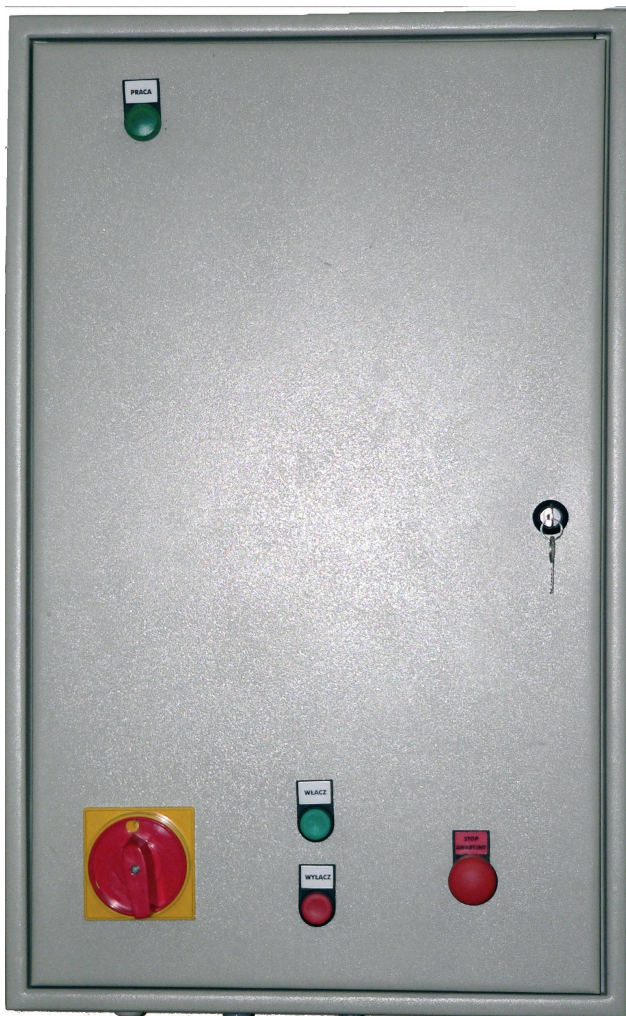
Zawsze należy dbać o to, aby pozycja krańcówek była tak dobrana by zabezpieczać maszynę i obsługę. Jest to szczególnie istotne podczas pracy ręcznej, zwłaszcza przy ruchu belki ze znaczną prędkością.

Krańcówki stanowią zabezpieczenie sprzętowe, działające niezależnie od zabezpieczeń programowych, które mogą być zawodne na przykład w sytuacji braku poprawnego odczytu z przetwornika siły.



Należy pamiętać, że podczas pracy ręcznej oraz w trybach kalibracji i zerowania wszystkie zabezpieczenia programowe są wyłączone!

7.2. Szafa sterująca

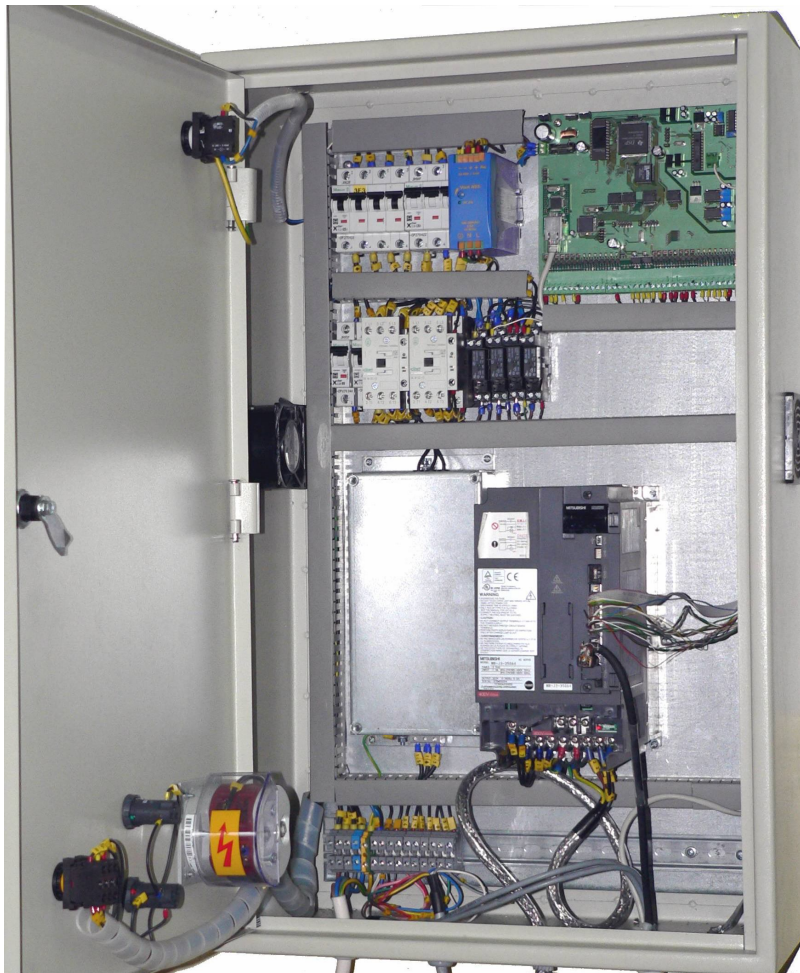


Na drzwiach szafy zamontowane są następujące elementy:

- Lampka *PRACA* sygnalizująca pracę serwonapędu (ruch belki roboczej)
- Główny, żółto-czerwony, wyłącznik zasilania
- Przycisk *WŁĄCZ*, uruchamiający sterownik
- Przycisk *WYŁĄCZ*, zatrzymujący sterownik
- Przycisk grzybkowy *STOP AWARYJNY*

Najważniejsze elementy zainstalowane w szafie:

- Dedykowany sterownik mikroprocesorowy (górna, prawa część szafy)
- Kompaktowy serwowzmacniacz (dolna część szafy)
- Zabezpieczenia nadprądowe oraz różnicowoprądowe (górna, lewa część szafy)



Aby załączyć urządzenie należy:

- Główny wyłącznik zasilania ustawić w pozycji ON
- Wcisnąć przycisk *WŁĄCZ*

Od tego momentu powinna być możliwa praca w trybie ręcznym oraz automatycznym. W przypadku braku działania urządzenia należy otworzyć szafę i sprawdzić czy na płycie sterownika zapaliły się diody

świejące, a na wyświetlaczu serwowzmacniacza pojawiła się cyfra 0. Jeżeli nie, to świadczy to o braku zasilania. Wówczas należy upewnić się czy:

- W miejscu podłączenia szafy sterująca do źródła zasilania jest poprawne napięcie zasilania
- Nie został wciśnięty przycisk grzybkowy (*STOP AWARYJNY*)
- Czy nie doszło do zadziałania zabezpieczeń różnicowoprądowych lub nadprądowych

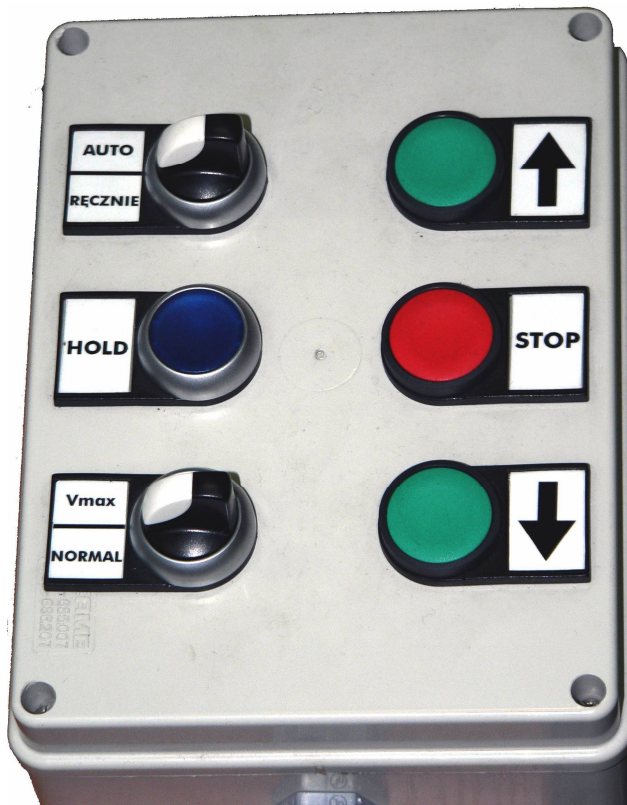


Elementy znajdujące się w szafie sterowniczej są pod napięciem, które może być niebezpieczne dla życia i zdrowia. W przypadku konieczności załączenie zabezpieczeń różnicowoprądowych lub nadprądowych należy się upewnić, czy główny wyłącznik szafy jest w pozycji OFF.

Do prawidłowego działania urządzenia niezbędne jest podłączenie do szafy sterującej przetwornika siły. Gniazdo przyłączeniowe znajduje się po prawej stronie w spodniej części szafy.

7.3. Pilot trybu ręcznego

Pilot służy do sterowania ruchem belki roboczej w trybie ręcznym. Dodatkowo umożliwia przejście trwającej próby w stan hold oraz przeprowadzenie kalibracji.



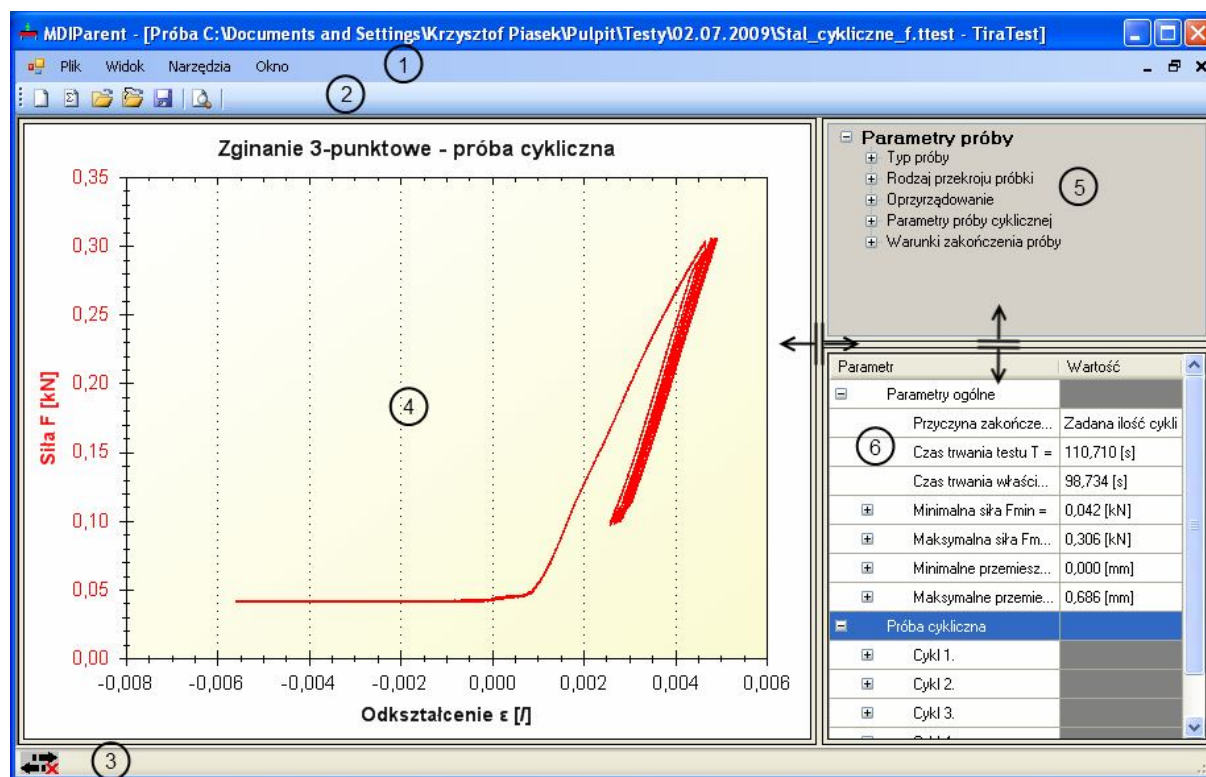
Pilot został wyposażony w następujące elementy:

- Przełącznik *AUTO/RĘCZNE* – w położeniu *AUTO* niemożliwe jest ręczne sterowanie pracą maszyny. Podczas trwania próby polecenia ręcznego sterowania są ignorowane bez względu na położenie przełącznika.
- Przycisk *HOLD* – powoduje przejście trwającej próby w stan hold.
- Przełącznik *VMAX/NORMAL* – umożliwia wybór jednej z dwóch zdefiniowanych prędkości ruchu belki roboczej.
- Przyciski \hat{u} oraz \hat{d} – jeżeli możliwe jest ręczne sterowanie, rozpoczynają ruch belki roboczej we wskazanym kierunku oraz z wybraną prędkością. Ruch może zostać przerwany przyciskiem *STOP*, zadziałaniem krańcówki, wciśnięciem przycisku grzybkowego (*STOP AWARYJNY*) oraz zadziałaniem zabezpieczenia przeciw przeciążeniowego (funkcja serwowzmacniacza chroniąca serwonapęd).
- Przycisk *STOP* – w trybie ręcznym zatrzymuje ruch belki roboczej. W przypadku trwania próby, przerywa ją.



Należy zachować daleko posuniętą ostrożność podczas operowania w trybie ręcznym. Ze względu na możliwość pracy z dużymi prędkościami przesuwu belki roboczej istnieje wzmożone ryzyko wystąpienia wypadku oraz niebezpieczeństwo uszkodzenia maszyny wytrzymałościowej.

8. Podstawowe elementy aplikacji



Interfejs aplikacji sterującej pracą TiraTest korzysta z klasycznych mechanizmów MDI (Multi Document Interface – interfejs wielodokumentowy). W związku z tym umożliwia jednoczesną pracę na kilku dokumentach, przy czym każdy dokument może posiadać kilka otwartych widoków. Oczywiście tylko jeden dokument na raz może przeprowadzać próbę wytrzymałościową.







Na ilustracji zostały zaznaczone podstawowe elementy interfejsu aplikacji. Cyfry odpowiadają kolejnym podpunktom zamieszczonym poniżej. Rozmiar paneli z wykresem (4), drzewem parametrów próby (5) oraz wyliczonymi parametrami (6) można dowolnie zmieniać przemieszczając belki zgodnie z zamieszczonymi symbolami strzałek. Panele (5) i (6) noszą wspólną nazwę *Panelu danych*. *Panel danych* może zostać ukryty poleceniem wywołanym z menu kontekstowego wykresu.

8.1. Pasek menu

- Plik
 - Nowy
 - Nowy Ctrl+N
 - Nowa statystyka
 - Otwórz
 - Otwórz test... Ctrl+O
 - Otwórz statystykę...



- Zapisz Ctrl+S
 - Zapisz jako...
 - Eksport ASCII...
 - Generuj raport...
 - Zakończ
- Widok
 - Pasek narzędzi
 - Pasek statusu
 - Status TiraTest
- Narzędzia
 - Parametry próby...
 - Metryka próby...
 - Start próby...
 - Wyłącz hold
 - Zakończ próbę
 - Wyczyść dane
 - Nastawa prędkości w trybie ręcznym...
 - Zerowanie...
 - Kalibracja...
- Okno
 - Nowe okno
 - Kaskada
 - Rozmieść pionowo
 - Rozmieść poziomo
 - Zamknij wszystkie
 - Rozmieść ikony
 - Lista otwartych okien

8.2. Pasek narzędzi

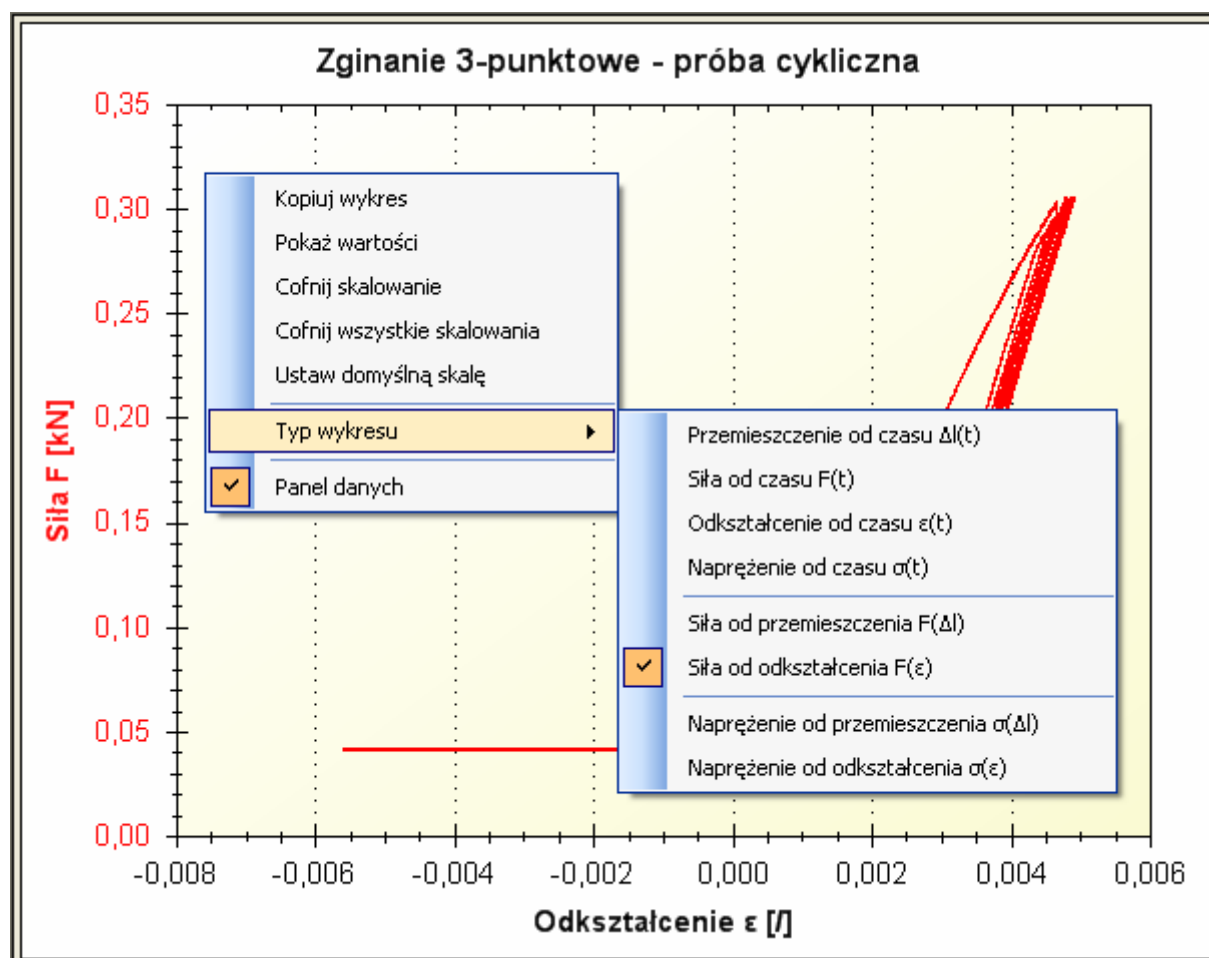
Ikona	Polecenie
	<i>Plik → Nowy → Nowy</i>
	<i>Plik → Nowy → Nowa statystyka</i>
	<i>Plik → Otwórz test...</i>
	<i>Plik → Otwórz statystykę...</i>
	<i>Plik → Zapisz</i>
	<i>Plik → Generuj raport...</i>

8.3. Pasek statusu

Na pasku wyświetlany jest status połączenia ze sterownikiem.

Symbol	Znaczenie
	Brak połączenia. Należy sprawdzić kabel transmisyjny oraz poprawność konfiguracji adresu IP.
	Połączenie nawiązane prawidłowo.

8.4. Wykres



Na wykresie prezentowane są dane pomiarowe. W czasie trwania próby wykres kreślony jest w czasie rzeczywistym. Typ wykresu i przyjęte skalowanie są zgodne z wyborem użytkownika. W związku z tym może dojść do sytuacji, że nowe dane znajdą się poza obszarem roboczym. W żadnym wypadku nie powoduje to utraty danych. Innymi słowy w każdym momencie można obserwować dowolny wycinek przebiegu. Skalowanie wykresu wykonuje się za pomocą myszy.

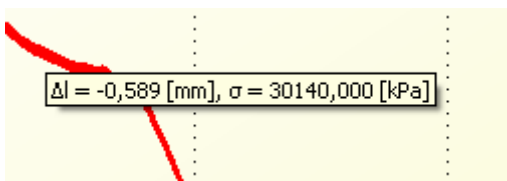
- **Powiększanie wybranego fragmentu wykresu** – wciśnięcie i przytrzymanie lewego klawisza myszy powoduje, że podczas przemieszczania myszy pojawia się prostokątny obrys obszaru, który zostanie powiększony po puszczeniu klawisza.
- **Powiększanie/pomniejszanie wykresu** – ruch kółka myszy do siebie powoduje pomniejszanie wykresu (zwiększanie zakresu obu osi liczbowych); przeciwny ruch akcją odwrotną
- **Przesuwanie wykresu** – aby przesunąć wykres należy albo wcisnąć i przytrzymać środkowy klawisz myszy, albo wcisnąć i przytrzymać klawisz CTRL na klawiaturze. W tej sytuacji ruch myszy będzie powodował przesuwanie wykresu.

Pozostałe polecenia dotyczące skalowania znajdują się w menu kontekstowym i zostały opisane poniżej.

Menu kontekstowe wywoływane jest poprzez wciśnięcie prawego klawisza myszy. Jego postać jest uzależniona od miejsca, w którym nastąpiło kliknięcie. Na ilustracji zamieszczonej na początku podrozdziału pokazane jest główne menu kontekstowe, które zostaje wyświetlone jeżeli użytkownik nie wskazał jednego z obszarów specjalnych wykresu. Za obszary specjalne wykresu uznawane są obie osie oraz najbliższe otoczenie prezentowanej krzywej.

Główne menu kontekstowe zawiera następujące polecenia:

- **Kopiuj wykres** – umieszcza kopię aktualnego wyglądu wykresu w schowku systemu Windows w formacie graficznym. Po wykonaniu tego polecenia możliwe jest wstawienie grafiki do innego programu, który akceptuje graficzny format danych przechowywanych w schowku.
- **Pokaż wartości** – aktywuje lub deaktywuje okienko z podglądem wartości liczbowych punktu na wykresie wskazywanego kursorem myszy.



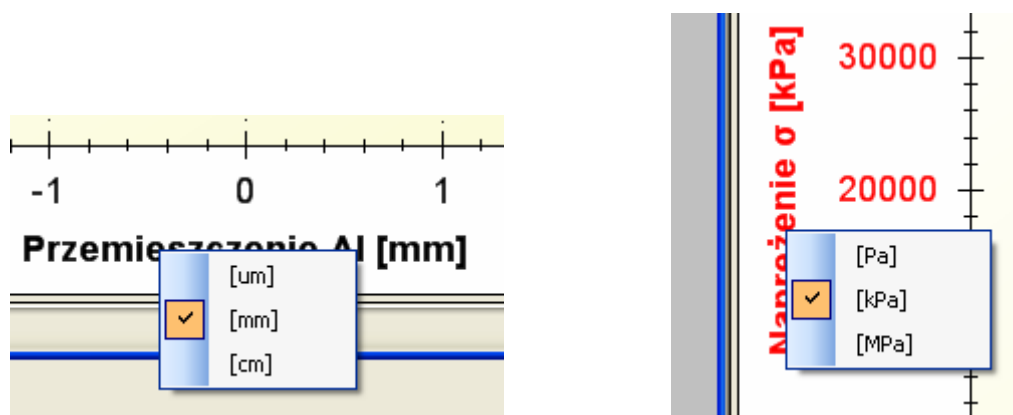
- **Cofnij skalowanie** – niweluje efekt ostatniej czynności związanej ze zmianą zakresów wartości osi liczbowych (powiększania/pomniejszania, przesuwania)
- **Cofnij wszystkie skalowania** – przywraca skalę wykresu sprzed jakichkolwiek zmian wprowadzonych przez użytkownika
- **Ustaw domyślną skalę** – ustawie domyślną, automatycznie obliczoną skalę wykresu. Dokładnie takie ustawienia są przyjmowane na przykład podczas otwierania dokumentu. Podczas pracy z wcześniej zgromadzonymi danymi to polecenie daje identyczny efekt jak wcześniejsze (*Cofnij wszystkie skalowania*), natomiast w trakcie przeprowadzania próby wytrzymałościowej *Ustaw domyślną skalę* powoduje powrót do sytuacji, w której wykres jest automatycznie skalowany w miarę trwania akwizycji.
- **Typ wykresu** – zawiera menu umożliwiające wybór różnych typów wykresu:
 - Przesunięcie od czasu $\Delta l(t)$ – zmierzone przesunięcie belki roboczej w funkcji czasu
 - Siła od czasu $F(t)$ – zmierzona siła w funkcji czasu

- Odształcenie od czasu $\varepsilon(t)$ – zmierzone i przeliczone przemieszczenie belki roboczej w funkcji czasu
- Naprężenie od czasu $\sigma(t)$ – zmierzona i przeliczona siła w funkcji czasu
- Siła od przemieszczenia $F(\Delta l)$ – zmierzona siła w funkcji zmierzonego przemieszczenia belki roboczej
- Siła od odkształcenia $F(\varepsilon)$ – zmierzona siła w funkcji zmierzonego i przeliczonego przemieszczenia belki roboczej
- Naprężenie od przemieszczenia $\sigma(\Delta l)$ – zmierzona i przeliczona siła w funkcji zmierzonego przemieszczenia belki roboczej
- Naprężenie od odkształcenia $\sigma(\varepsilon)$ – zmierzona i przeliczona siła w funkcji zmierzonego i przeliczonego przemieszczenia belki roboczej

Należy pamiętać, że w przypadku trybu pracy *Ustaw L0* dostępne są tylko dwa pierwsze typy:
Przemieszczenie od czasu oraz *Siła od czasu*.

- **Panel danych** – ukrywa/pokazuje *Panel danych*.

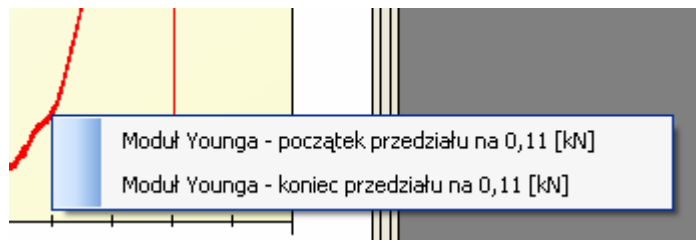
Do osi wykresu przypisane są menu kontekstowe umożliwiające zmianę jednostki dla prezentowanych wartości.



Dostępne opcje są uzależnione od typu danych przypisanych do osi. I tak:

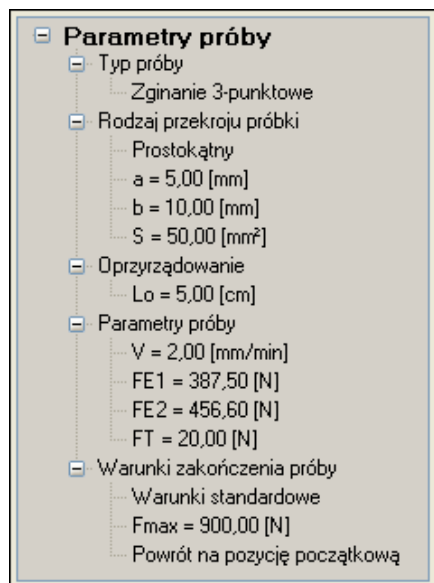
Prezentowana wartość	Dostępne jednostki
Czas	[s]
Siła	[N] [kN]
Przemieszczenie	[μ m] [mm] [cm]
Naprężenie	[Pa] [kPa] [MPa]
Odształcenie	[/] [%]

Do prezentowanej krzywej przypisane jest dodatkowe menu kontekstowe, które można wywołać dla krzywych, dla których możliwe jest obliczanie modułu Younga. Obliczanie modułu sprężystości podłużnej jest możliwe dla prób niecyklicznych, wyjątek stanowi *Ustaw L0*. Aby uzyskać dostęp do tej opcji, należy wybrać typ wykresu, dla którego na osi pionowej wyświetlana jest siła.



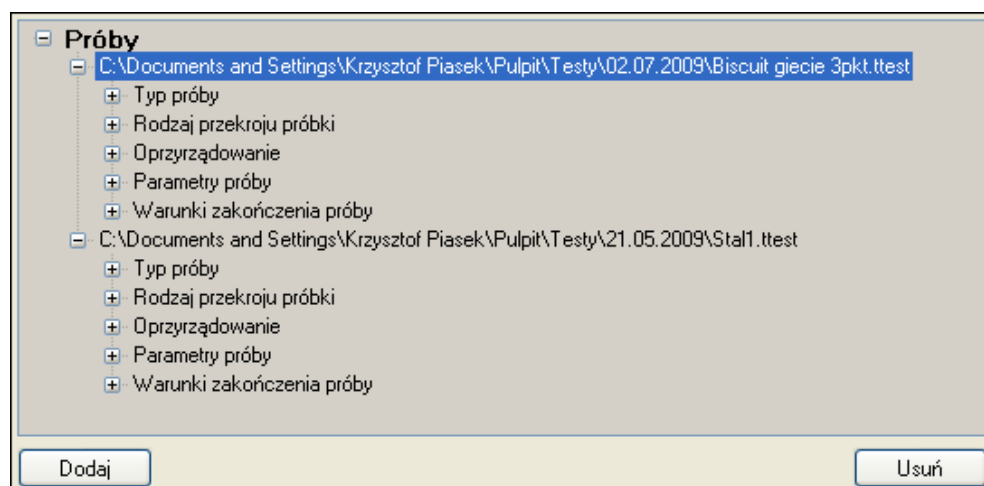
Menu umożliwia zmianę granic przedziału, w którym obliczany jest moduł Younga. Wskazany punkt może być użyty jako początek lub koniec przedziału. Należy pamiętać, że próba ustawienia końca przedziału dla chwili czasowej wcześniejszej niż początek nie powiedzie się. Poprawne ustawienie przedziału obliczeń spowoduje aktualizację parametrów próby oraz wyliczonych parametrów. Należy pamiętać, że to menu kontekstowe nigdy nie jest dostępne w czasie trwania próby.

8.5. Panel parametrów próby



Poszczególne gałęzie drzewa odpowiadają zakładką w wizardzie parametryzacji próby otwieranym poleceniem *Narzędzia → Parametry testu...* Powyższa ilustracja pokazuje przykładowy wygląd panelu. Postać drzewa będzie różna w zależności od wybranych opcji.

W przypadku dokumentów ze statystyką prezentowane parametry są pogrupowane i przypisane do gałęzi identyfikujących pliki, z których pochodzą. Dodatkowo w dolnej części panelu znajdują się klawisze umożliwiające dodawanie i usuwanie plików z próbami z dokumentu statystyki.



Dokumenty *ttest* mogą być również dodawane przy użyciu mechanizmu przeciągnij i upuść. Należy pamiętać, że statystyka może składać się jedynie z plików z takim samym typem próby. Niedopuszczalne jest również dublowanie plików. O przypadku próba przekroczenia tych ograniczeń, użytkownik zostanie poinformowany stosownym komunikatem.

8.6. Panel wyliczonych parametrów

Parametr	Wartość
<input checked="" type="checkbox"/> Parametry ogólne	
Przyczyna zakończenia	Zerwanie 90%
Czas trwania testu T =	53,304 [s]
Czas trwania właściwego testu Tr =	10,406 [s]
<input checked="" type="checkbox"/> Minimalna siła Fmin =	0,043 [kN]
σ =	12,780 [MPa]
@t =	0,004 [s]
@ Δl =	0,000 [mm]
@ ϵ =	0,000 [%]
<input checked="" type="checkbox"/> Maksymalna siła Fmax =	0,666 [kN]
<input checked="" type="checkbox"/> Minimalne przemieszczenie Δl_{min} =	0,000 [mm]
<input checked="" type="checkbox"/> Maksymalne przemieszczenie Δl_{max} =	0,256 [mm]
<input checked="" type="checkbox"/> Parametry niszczące	
Praca zniszczenia Wbreak =	68,001 [Nmm]
Przeliczona praca zniszczenia Wbreak/S =	1,360 [N/mm]
<input checked="" type="checkbox"/> Siła niszcząca Fbreak =	0,663 [kN]
<input checked="" type="checkbox"/> Moduł Younga	
Metoda siecznej E =	88,025 [GPa]
Metoda regresji E =	87,968 [GPa]
<input checked="" type="checkbox"/> Przedział obliczeń	
<input checked="" type="checkbox"/> Start obliczeń FE1 =	0,388 [kN]
<input checked="" type="checkbox"/> Koniec obliczeń FE2 =	0,457 [kN]
σ =	136,980 [MPa]
@t =	8,142 [s]
@ Δl =	0,200 [mm]
@ ϵ =	0,240 [%]

W panelu wyliczonych parametrów prezentowane są wyniki obliczeń dokonanych po zakończeniu próby. Część danych pojawia się już w czasie trwania próby umożliwiając śledzenie jej przebiegu. Po otwarciu nowego dokumentu panel pozostaje pusty.

Sposób przeprowadzania obliczeń oraz interpretacja poszczególnych parametrów zarówno dla dokumentów próby jak i statystyk zostanie przedstawiona w dalszej części instrukcji.

9. Polecenia menu

9.1. Nowy

Klawisz skrótu: Ctrl+N

Pasek narzędzi: 


Dostępne: zawsze

Tworzy i otwiera nowy, czysty dokument z domyślnie sparametryzowaną próbą:

Parametr	Wartość
Typ próby	Ustaw L0
Oprzężowanie	Lo = 100,00 [cm]
Parametry próby	V = 2,00 [mm/min]
	FT = 20,00 [N]

9.2. Nowa statystyka

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: 

Dostępne: zawsze

Tworzy i otwiera nowy, czysty dokument statystyk.

9.3. Otwórz test

Klawisz skrótu: Ctrl+O

Pasek narzędzi: 

Dostępne: zawsze

Otwiera standardowe okno systemu Windows umożliwiające wybranie wcześniej zapisanego pliku. Domyślne rozszerzenie plików z próbami to: *.ttest*. W pliku przechowywane są zarówno informacje o sposobie parametryzacji próby jak i wyniki pomiarów oraz informacje z metryki, jeżeli zostały wykonane. Pliki *ttest* mogą być więc używane do zapamiętywania szablonu próby. Po wskazaniu pliku utworzone zostaje nowe okno dokumentu z wyświetlonym automatycznie wyskalowanym wykresem i parametrami umieszczonymi w obu panelach.

9.4. Otwórz statystykę

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: 

Dostępne: zawsze

Otwiera standardowe okno systemu Windows umożliwiające wybranie wcześniej zapisanego pliku. Domyślne rozszerzenie plików statystyk to: *.tstat*. W pliku przechowywane są ścieżki dostępu do plików z próbami, z których ma być opracowana statystyka oraz informacje z metryki. W związku z tym jeżeli zapamiętana lokalizacja jednego z plików *ttest* jest nieaktualna, to zostanie wyświetlony komunikat o braku możliwości załadowania danych. Jeżeli pozostałe pliki zostaną odnalezione i prawidłowo wczytane, statystyka zostanie obliczona z pominięciem niedostępnych danych. Po wskazaniu pliku *tstat* następuje załadowaniu plików *ttest* oraz utworzenie nowego okno dokumentu statystyki z wyświetlonym automatycznie wyskalowanym wykresem i parametrami umieszczonymi w obu panelach.

9.5. Zapisz

Klawisz skrótu: Ctrl+S

Pasek narzędzi: 

Dostępne: niedostępne jeżeli żaden dokument nie jest otwarty
niedostępne dla dokumentu, dla którego trwa próba

Zachowuje aktualne informacje w pliku. Jeżeli dokument, dla którego zostało wywołane polecenie nie był jeszcze zachowywany ani nie został wczytany z pliku, czyli nie posiada przypisanej ścieżki dostępu, to automatycznie zostanie wywołane polecenie *Zapisz jako...*

Operacja zachowywania plików dotyczy obu typów dokumentów: prób i statystyk. Jednak format zapisu jest różny.

W przypadku dokumentów z próbami zostaje utworzony plik binarny o rozszerzeniu *ttest*. Należy zwrócić uwagę na fakt, że ze względu na wysoką częstotliwość próbkowania zachowane pliki mogą mieć znaczną objętość. Jeżeli ich przechowywanie staje się kłopotliwe, warto skorzystać z możliwości kompresowania plików. Standardowe narzędzia potrafią zmniejszyć rozmiar plików *ttest* nawet kilkadziesiąt razy.

W przypadku dokumentów statystyk utworzony zostaje plik formatu XML o rozszerzeniu *tstat*:

```
<?xml version="1.0"?>
<Statystyka xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <Komentarz>Statystyka z prób łamania beleczek ceramicznych o przekroju
kołowym.</Komentarz>
  <Materiał>Ceramika</Materiał>
  <Tester>Jan Kowalski</Tester>
  <Organizacja>SENGA s.c.</Organizacja>
  <Pliki>
    <Test>C:\TiraTest\Testy\21.05.2009\Ceramika1.ttest</Test>
    <Test>C:\TiraTest\Testy\21.05.2009\Ceramika2.ttest</Test>
  </Pliki>
</Statystyka>
```

Aplikacja *TiraTestApp* definiuje następujące znaczniki:

- **Komentarz** – przechowuje zawartość pola *Komentarz* z okna dialogowego *Metryka próby*
- **Material** – przechowuje zawartość pola *Material* z okna dialogowego *Metryka próby*
- **Tester** – przechowuje zawartość pola *Tester* z okna dialogowego *Metryka próby*
- **Organizacja** – przechowuje zawartość pola *Organizacja* z okna dialogowego *Metryka próby*
- **Pliki** – przechowuje listę znaczników *Test* zawierających pliki z wynikami prób, z których obliczana będzie statystyka
- **Test** – przechowuje ścieżkę dostępu do pliku z wynikiem próby, używany wewnątrz znacznika *Pliki*

Jeżeli zajdzie taka konieczność, pliki *tstat* można modyfikować dowolnym edytorem plików tekstowych. Jest to pomocne na przykład w przypadku zmiany lokalizacji plików prób tworzących statystykę.

9.6. Zapisz jako

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: niedostępne jeżeli żaden dokument nie jest otwarty
niedostępne dla dokumentu, dla którego trwa próba

Otwiera standardowe okno systemu Windows umożliwiające wybranie lokalizacji i wprowadzenie nazwy pliku, w którym zostanie zachowany bieżący dokument. Po zatwierdzeniu ścieżki dostępu do pliku dane zostaną zachowane zgodnie z informacjami zawartymi w opisie polecenia *Zapisz*.

9.7. Eksport ASCII

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: niedostępne dla dokumentu, dla którego nie została zakończona próba
niedostępne dla dokumentów statystyk

Otwiera standardowe okno systemu Windows umożliwiające wybranie lokalizacji i wprowadzenie nazwy pliku, w którym zostaną zachowane eksportowane dane. Domyślne rozszerzenie plików z danymi to *.dat*. Utworzony plik posiada trzy kolumny zapisane w ASCII (plik tekstowy): czas [s], przemieszczenie [mm] oraz siła [kN]. Separator kolumn oraz znak dziesiętny zależny jest od ustawień narodowych systemu Windows.


```
0;0;0,049
0,002;0,00025;0,037
0,004;0,000625;0,024
0,006;0,000875;0,018
0,008;0,00125;0,006
0,01;0,001375;0,006
0,012;0,001625;0,018
0,014;0,00175;0,037
```

```
0,016;0,002;0,049
0,018;0,002;0,056
0,02;0,002125;0,049
0,022;0,00225;0,037
```

Plik odpowiada formatowi CSV, który jest rozpoznawany na przykład przez aplikację Excel. Należy zwrócić uwagę, że plik eksportowy może posiadać znaczne ilości linii. Niektóre programy posiadają ograniczenie w tym zakresie. Na przykład Excel potrafi wczytać jedynie 65 536 linii.

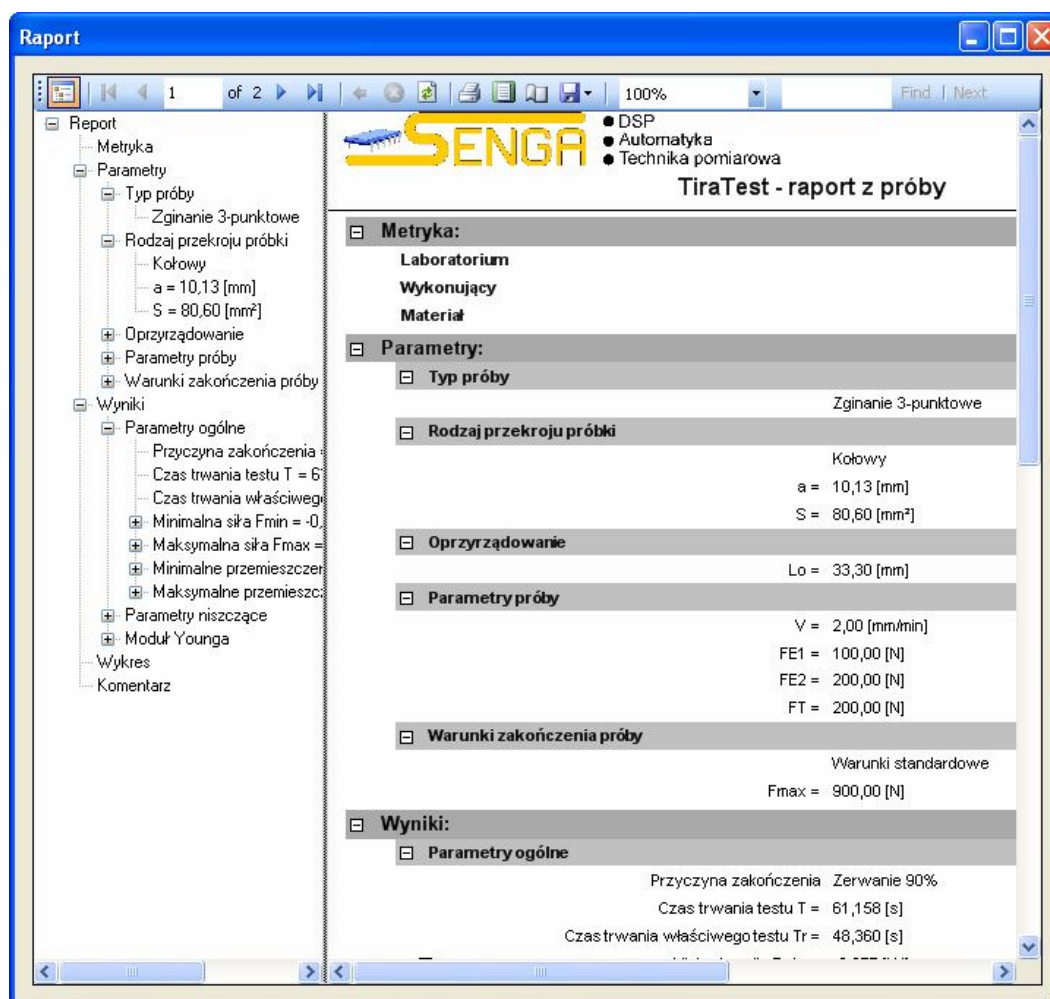
9.8. Generuj raport

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: 

Dostępne: niedostępne jeżeli żaden dokument nie jest otwarty
niedostępne dla dokumentu, dla którego trwa próba

Otwiera okno dialogowe zawierające standardowe narzędzie firmy Microsoft do przeglądania, konfigurowania, drukowania i eksportowania raportów.














Raport składa się z kilku elementów, które w postaci mapy dokumentu pokazane są w lewym panelu.

- **Metryka** – odpowiada danym wprowadzonym w oknie dialogowym *Metryka*; z wyjątkiem komentarza
- **Parametry** – parametry próby, układ danych w raporcie jest zgodny z zawartością panelu *Parametry próby*
- **Wyniki** – wyniki obliczeń, układ danych w raporcie jest zgodny z zawartością panelu *Wyliczone parametry*
- **Wykres** – wykres wyskalowany identycznie jak wykres w oknie aplikacji w momencie generowania raportowania
- **Komentarz** – odpowiada informacjom wprowadzonym w polu komentarz w oknie dialogowym *Metryka*

W prawym panelu znajduje się interaktywny podgląd raportu. Znaczkę „-” przy wyróżnionych nagłówkach wskazują na możliwość zwinięcia części dokumentu. Kliknięcie na symbolu zmienia go na „+” ponownie wyświetla ukrytą treść.

W górnej części okna znajduje się pasek narzędzi, zawierający następujące polecenia:

Ikona	Polecenie
	Pokaż lub ukryj mapę dokumentu
	Panel nawigacji po stronach raportu
	Powrót do raportu nadrzędnego (nigdy nie używane)
	Przerwij renderowanie
	Odśwież
	Drukuj
	Przełącza pomiędzy interaktywnym widokiem raportu a podglądem wydruku
	Ustawienia strony
	Eksport do pliku Excel lub PDF
	Wybór skali
	Wyszukiwanie tekstów w raporcie

9.9. Zakończ

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: zawsze

Jeżeli dla żadnego dokumentu nie trwa próba, polecenie kończy pracę aplikacji. W przeciwnym razie wyświetlane jest okno informacyjne o braku możliwości zakończenia aplikacji.

9.10. Pasek narzędzi

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: zawsze

Ukrywa/pokazuje pasek narzędzi.

9.11. Pasek statusu

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: zawsze

Ukrywa/pokazuje pasek statusu.

9.12. Status TiraTest

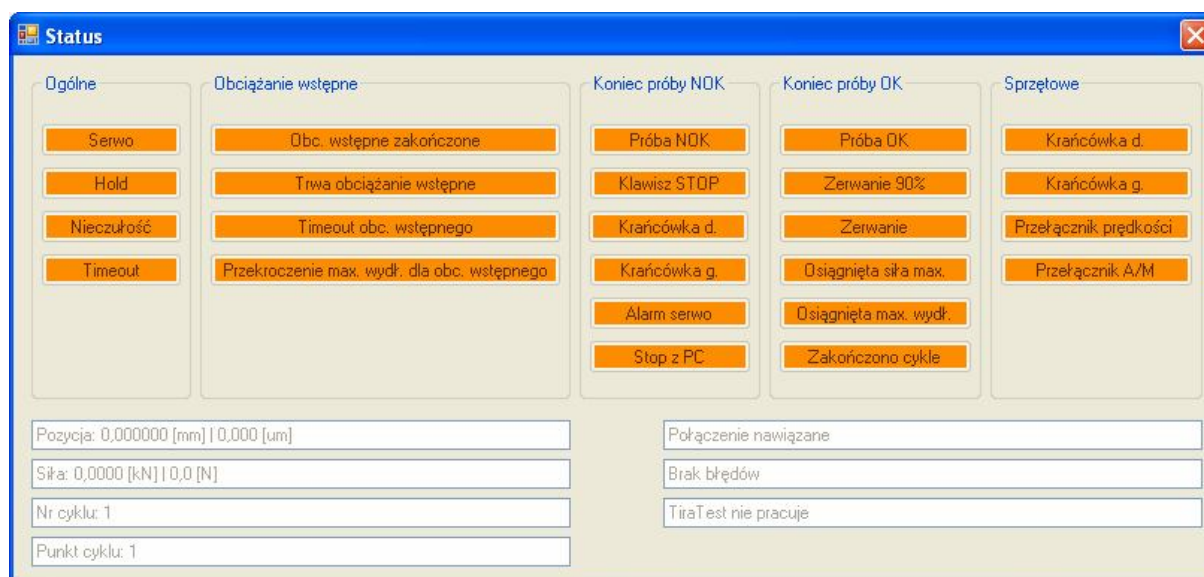
Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: zawsze

Ukrywa/pokazuje niemodalne okno *Status*. Okno zawiera informacje na temat stanu maszyny wytrzymałościowej oraz sterownika. Oczywiście prezentowane informacje mają znaczenie jeżeli zostało nawiązane poprawne połączenie. Informacja na ten temat znajduje się w prawej dolnej części okna *Status* jak również na *Pasku Statusu* okna aplikacji.

Uruchomienie próby powoduje pojawienie się na pasku tytułowym okna nazwy dokumentu, dla którego została uruchomiona próba.



W dolnej części okna znajdują się pola tekstowe zawierające następujące informacje:

- Lewa kolumna – wartości są aktualizowane tylko podczas trwania próby
 - **Pozycja** – podaje względne położenie belki roboczej w [mm] oraz [μm]; wartość odpowiadająca pozycji jest zerowana w momencie startu próby
 - **Siła** – podaje bieżący odczyt pomiaru siły w [kN] oraz [N]
 - **Nr cyklu** – nr cyklu dla próby cyklicznej
 - **Punkt cyklu** – ostatni zarejestrowany punkt cyklu dla próby cyklicznej
 - 1 – początek trzymania obciążenia
 - 2 – początek odpuszczania
 - 3 – początek trzymania odpuszczenia
 - 4 – początek obciążania
- Prawa kolumna
 - **Status połączenia**
 - Nawiązywanie połączenia – aplikacja próbuje ustanowić połączenie ze sterownikiem; w razie błędów komunikacyjnych, czynność ta jest powtarzana cyklicznie
 - Połączenie nawiązane – połączenie zostało nawiązane, transmisja danych przebiega bez problemów
 - Brak połączenia – połączenie nie zostało nawiązane lub zostało zerwane; zostanie podjęta kolejna próba nawiązania połączenia
 - **Ostatni błąd transmisji**
 - Brak połączenia – połączenie nie zostało nawiązane lub zostało zerwane
 - Komunikacja zerwana – doszło do zerwania komunikacji; sterownik przestał odpowiadać lub zamknął połączenie
 - Błąd podczas odbioru danych – brak telegramu z danymi ze sterownika lub niepoprawny format telegramu
 - Błąd podczas wysyłania danych – błąd zgłoszony przez mechanizmy obsługi protokołu TCP/IP systemu Windows lub zamknięty kanał komunikacyjny ze sterownikiem
 - Niespodziewany błąd – niezdefiniowany błąd uniemożliwiający transmisję danych
 - Brak błędów – połączenie nawiązane, transmisja przebiega bez przeszkód
 - **Status próby**
 - **TiraTest nie pracuje** – żadna próba nie jest w toku
 - **Oczekiwanie na rozpoczęcie testu** – do sterownika zostało wysłane żądanie rozpoczęcia próby
 - **Trwa obciążanie wstępne** – została wybrana opcja obciążania wstępnego, sterownik oczekuje na osiągnięcie siły oznaczającej koniec tej fazy pracy
 - **Trwa próba** – próba wytrzymałościowa w toku

- **Trwa próba – oczekiwanie na moduł Younga** – próba wytrzymałościowa z obliczaniem modułu Younga; sterownik monitoruje wystąpienie siły wskazanej jako początek przedziału obliczeń modułu Younga
- **Trwa próba – obliczanie modułu Younga** – próba wytrzymałościowa z obliczaniem modułu Younga; sterownik wykrył wystąpienie siły wskazanej jako koniec przedziału obliczeń modułu Younga; program wyznacza wartość modułu Younga
- **Trwa próba – moduł Younga obliczony** – próba wytrzymałościowa z obliczaniem modułu Younga; wartość modułu Younga została pomyślnie wyznaczona
- **Trwa powrót na pozycję początkową** – zakończona została właściwa część próby z wybraną opcją powrotu na pozycję początkową i trwa wycofywanie belki roboczej do pozycji rozpoczynającej próbę

W górnej części okna dialogowego znajdują się pola wizualizujące stan dwustanowych parametrów przechowywanych w sterowniku. Należy zwrócić uwagę, na to że, parametry dotyczące próby są nieużywane pomiędzy kolejnymi doświadczeniami. Stąd trzy środkowe kolumny po zakończeniu próby pokazują ostatni stan sterownika. Dzięki temu można sprawdzić na przykład przyczynę zakończenia doświadczenia.

- **Ogólne**
 - **Serwo** – sygnalizuje pracę serwomotoru
 - **Hold** – sygnalizuje przejście próby w stan hold
 - **Nieczułość** – sygnalizuje osiągnięcie siły określającej poziom nieczułości dla próby
 - **Timeout** – sygnalizuje wystąpienie Timeout-u
- **Obciążanie wstępne** – istotne tylko dla prób z wybraną opcją obciążania wstępnego
 - **Obc. wstępne zakończone** – została wybrana opcja obciążania wstępnego; sterownik zakończył tę fazę pracy
 - **Trwa obciążanie wstępne** – została wybrana opcja obciążania wstępnego; sterownik oczekuje na osiągnięcie siły oznaczającej koniec tej fazy pracy
 - **Timeout obc. wstępnego** – przekroczenie dozwolonego czasu obciążania wstępnego
 - **Przekroczenie max. wydł. dla obc. wstępnego** – została wybrana opcja obciążania wstępnego z kontrolą wydłużenie; próba przerwana z powodu przekroczenia dopuszczalnej wielkości
- **Koniec próby NOK** – grupa sygnalizująca błędne zakończenie próby
 - **Test NOK** – ogólna flaga sygnalizująca zakończenie próby bez powodzenia; zwykle wraz z nią powinna pojawić się dodatkowa informacja na temat przyczyny zaistniałej sytuacji; może to być flaga z tej samej grupy bądź też na przykład informacja o zerwaniu komunikacji
 - **Klawisz STOP** – próba przerwana wciśnięciem klawisza *STOP* na *Pilocie trybu ręcznego*
 - **Krańcówka d.** – próba przerwana przez zadziałanie dolnej krańcówki belki roboczej
 - **Krańcówka g.** – próba przerwana przez zadziałanie górnej krańcówki belki roboczej

- **Alarm serwo** – próba przerwana wystąpieniem alarmu serwonapędu; może to być spowodowane na przykład przeciążeniem maszyny; jeżeli taka sytuacja będzie się powtarzać należy bezwzględnie skontaktować się z wykwalifikowanym personelem
- **Stop z PC** – próba przerwana przez użytkownika poleceniem *Narzędzia* → *Zakończ test*
- **Koniec próby OK** – grupa sygnalizujące normalne zakończenie próby
 - **Test OK** – ogólna flaga sygnalizująca poprawne zakończenie próby; zwykle wraz z nią powinna pojawić się dodatkowa informacja sygnalizowana flagą z tej samej grupy
 - **Zerwanie 90%** – próba zakończona wykryciem zniszczenia próbki (spadek siły o 90% w porównaniu do zarejestrowanego maksimum)
 - **Zerwanie** – została wybrana praca z monitorowaniem zniszczenia próbki; próba zakończona wykryciem zniszczenia (spadek siły o zadaną przez użytkownika wartość w stosunku do zarejestrowanego maksimum)
 - **Osiągnięta siła max.** – próba zakończona wykryciem osiągnięcia siły maksymalnej; jeżeli parametr nie został ustawiony przez użytkownika, to jego wartość jest determinowana przez zakres używanego przetwornika siły
 - **Osiągnięte max. wydł.** – została wybrana praca z monitorowaniem maksymalnego przesunięcia belki roboczej; próba zakończona osiągnięciem zadanego przez użytkownika parametru
 - **Zakończono cykle** – może wystąpić jedynie w przypadku próby cyklicznej; próba została zakończona z powodu wykonania zadanej ilości cykli
- **Sprzętowe**
 - **Krańcówka d.** – sygnalizuje zadziałanie dolnej krańcówki
 - **Krańcówka g.** – sygnalizuje zadziałanie górnej krańcówki
 - **Przełącznik prędkości** – pokazuje stan przełącznika prędkości na *Pilocie trybu ręcznego*
 - **Przełącznik A/M** – pokazuje stan przełącznika trybu pracy: automatyczny/ręczny; do poprawnego wykonywania próby wymagany jest tryb automatyczny

9.13. Parametry próby

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: niedostępne jeżeli nie jest aktywny dokument próby

niedostępne po wykonaniu próby *Ustaw L0*

niedostępne dla dokumentu dla którego trwa próba

Otwiera okno dialogowe wizarda umożliwiającego parametryzację testu. Jeżeli polecenie jest wywoływane po zakończeniu próby, konfiguracja jest dostępna w ograniczonym zakresie. Można na przykład zmienić parametry przekroju poprzecznego próbki. Podczas wprowadzania parametrów po prawej stronie pól edycyjnych może pojawić się wykrzyknik w czerwonym kółku. Oznacza to, że wskazany parametr jest nieprawidłowy. Zatrzymanie wskaźnika myszy na symbolu błędu powoduje wyświetlenie dodatkowej informacji o przyczynie wystąpienia błędu. Generalnie są dwa powody wystąpienia takiej

sytuacji: próba skonfigurowania parametru spoza zakresu (na przykład nie możliwe do osiągnięcia prędkości przesuwu belki roboczej) lub niezachowanie odpowiedniej kolejności sił (na przykład próba ustawienia początku przedziału obliczeń modułu Younga na sile większej niż koniec). Wystąpienie błędów w konfiguracji nie powoduje niemożności zapisania konfiguracji. Należy również pamiętać, że podczas konfiguracji nie są sprawdzane warunki wynikające z używanego przetwornika siły (możliwość przekroczenia zakresu pomiarowego). Dopiero podczas uruchamiania próby dochodzi do ostatecznej kontroli poprawności konfiguracji. W przypadku wykrycia nieprawidłowości nie ma możliwości uruchomienia maszyny.

Poniżej znajduje się ogólny opis dostępnych opcji. Więcej szczegółów zostało ujętych w opisie sposobu przeprowadzania próby przez sterownik.

W dolnej części okna znajduje się wyróżniona ramka, w której umieszczono nazwę kroku parametryzacji próby. Poniżej umieszczono następujące klawisze:

- **Anuluj** – przerywa pracę wizarda bez zachowywania dokonanych zmian
- **Zapisz...** – otwiera standardowe okno systemu Windows umożliwiające wybranie lokalizacji i wprowadzenie nazwy pliku, w którym zostaną zachowane parametry próby. Domyślne rozszerzenie plików z parametrami to *.tpar*
- **Wczytaj...** – otwiera standardowe okno systemu Windows umożliwiające wybranie wcześniej zapisanego pliku. Domyślne rozszerzenie plików z parametrami to: *.tpar*. Po wczytaniu ustawień z pliku następuje przejście do ekranu odpowiadającego krokowi parametryzacji *Typ próby*.
- **Poprzedni** – powoduje przejście do następnego kroku parametryzacji
- **Następny** – powoduje powrót do poprzedniego kroku parametryzacji

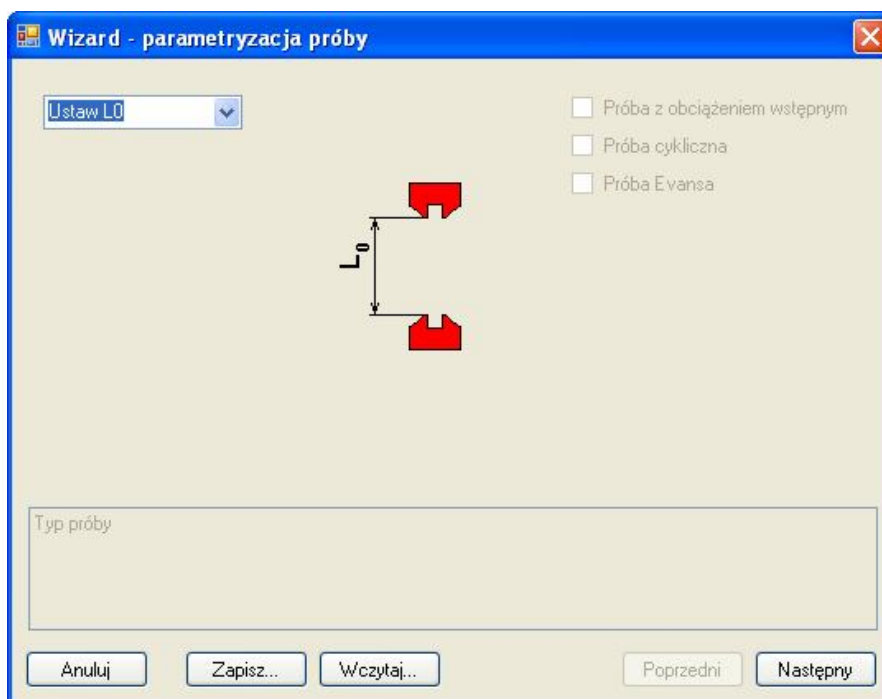
9.13.1. Typ próby

Dostępne: zawsze

Zakładka umożliwia określenie typu próby. Wybrane opcje w dużej mierze decydują o tym jakie parametry będą dostępne w kolejnych krokach konfiguracji.

Dostępne typy próby:

- **Ustaw L0** – specjalny tryb pracy, który służy tylko i wyłącznie ustawieniu belki na wskazanej pozycji. Próba polega na tym, że belka robocza porusza się we wskazanym kierunku i ze wskazaną prędkością, aż do momentu wykrycia wzrostu siły (przeważnie wywołanego zetknięciem oprzyrządowania do mocowania próbek). Następnie następuje wycofanie belki na zadaną odległość *L0*. Dla tej próby pozostałe opcje na tej zakładce są niedostępne.
- **Ściskanie** – próba ściskania. Dla tej opcji niedostępna jest próba Evansa.
- **Rozciąganie** – próba rozciągania. Dla tej opcji niedostępna jest próba Evansa.
- **Zginanie 3-punktowe** – próba zginania 3-punktowego.
- **Zginanie 4-punktowe** – próba zginania 4-punktowego. Dla tej opcji niedostępna jest próba Evansa.



Należy zwrócić uwagę na fakt, że wybór, na przykład, pomiędzy ściskaniem i rozciąganiem nie determinuje kierunku ruchu belki roboczej. Ten jest określany przez operatora podczas uruchamiania próby i zależy również od sposobu montażu oprzyrządowania. Innymi słowy możliwe jest na przykład ściskanie zarówno podczas ruchu belki w dół jak i w górę.

Opcje dodatkowe:

- **Próba z obciążeniem wstępnym** – aktywuje obciążenie wstępne. W takim wypadku właściwa próba rozpoczyna się po osiągnięciu zadanej siły. Obciążenie wstępne posiada własne nastawy prędkości przesuwu belki roboczej. Niedostępne dla *Ustaw L0*.
- **Próba cykliczna** – powoduje przejście do pracy cyklicznej. Niedostępne dla *Ustaw L0*.
- **Próba Evansa** – powoduje wykonanie obliczeń dla próbki z karbem. Niedostępne dla *Ustaw L0*, *Ściskania*, *Rozciągania*, *Zginania 4-punktowego*. *Próby Evansa* może być wykonana tylko dla próbki o prostokątnym przekroju poprzecznym.

9.13.2. Rodzaj przekroju próbki

Dostępne: z wyjątkiem próby *Ustaw L0*.

Zakładka umożliwia wybranie kształtu przekroju poprzecznego próbki oraz podanie jego wymiarów geometrycznych. Wszystkie parametry konfigurowalne w tym kroku można zmienić po zakończeniu próby.

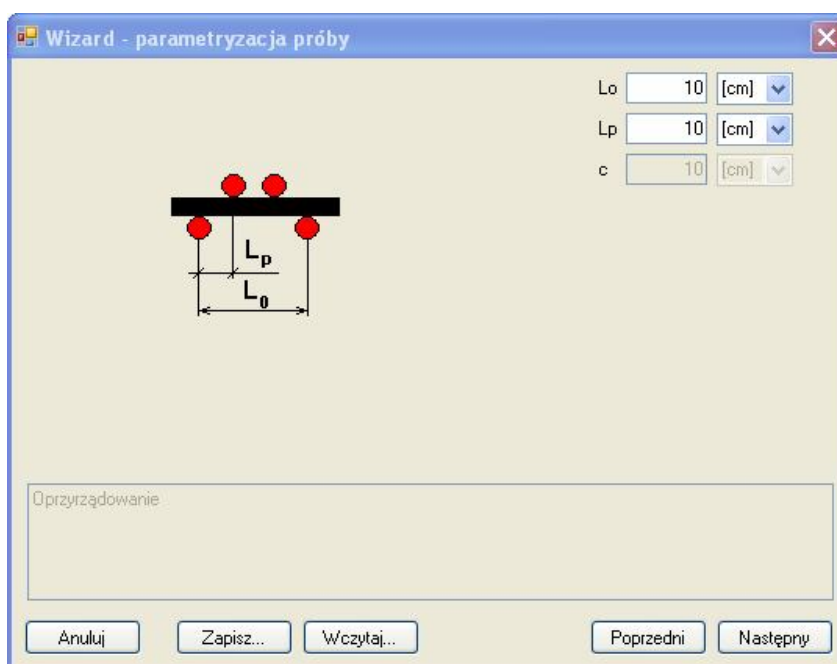
Kształt przekroju	Parametr	Opis
Prostokątny	a	Definiuje wysokość
	b	Definiuje szerokość

Kołowy	a	Definiuje średnicę
Pierścieniowy – niedostępny dla <i>Próby Evansa</i>	a	definiuje średnicę zewnętrzną
	b	definiuje średnicę wewnętrzną

9.13.3. Oprzyrządowanie

Dostępne: zawsze

Zakładka umożliwia podanie wielkości związanych z używanym oprzyrządowaniem niezbędnych do dokonania obliczeń. Zestaw niezbędnych parametrów jest determinowany poprzez wybór typu próby.



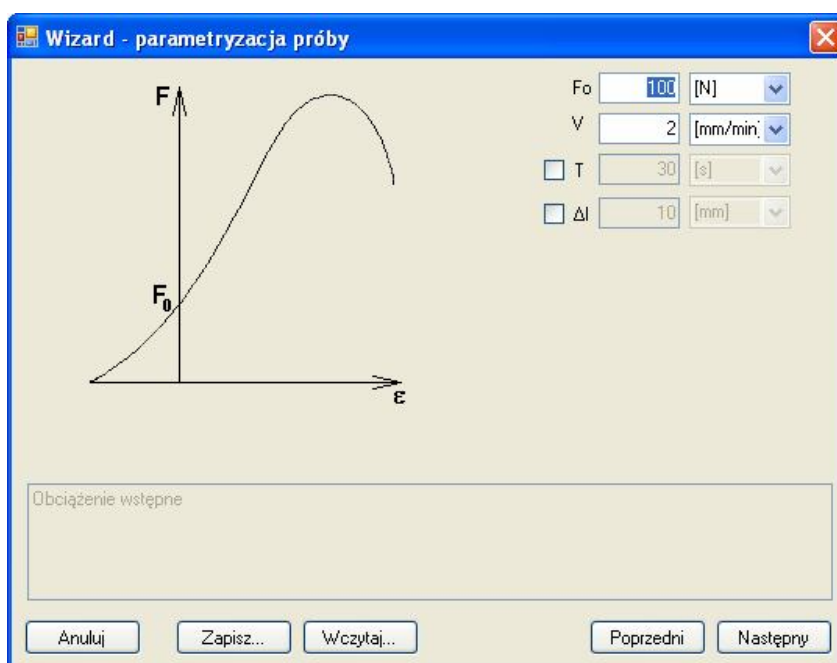
Typ próby	Parametr	Opis
Ustaw L0	Lo	Odległość na jaką powinna wycofać się belka robocza po zdetektowaniu wzrostu siły
Ściskanie Rozciąganie	Lo	Odległość pomiędzy szczękami mocującymi próbkę; długość robocza próbki
Zginanie 3-punktowe	Lo	Odległość pomiędzy podporami próbki; obliczenia są wykonywane przy założeniu, że punkt przyłożenia siły znajduje się w połowie Lo
Zginanie 3-punktowe – Próba Evansa	Lo	Odległość pomiędzy podporami próbki; obliczenia są wykonywane przy założeniu, że punkt przyłożenia siły znajduje się w połowie Lo
	c	Głębokość karbu

Zginanie 4-punktowe	Lo	Odległość pomiędzy podporami próbki;
	Lp	Odległość pomiędzy podporą a punktem przyłożenia siły; obliczenia wykonywane są przy założeniu, że oba punkty przyłożenia siły leżą symetrycznie względem połowy Lo

9.13.4. Obciążenie wstępne

Dostępne: tylko gdy została wybrana próba z obciążeniem wstępnym

Zakładka umożliwia dokonanie konfiguracji obciążenia wstępnego. Podczas trwania obciążania wstępnego program nie rejestruje w dokumencie siły ani przesunięcia. Dopiero po zakończeniu tej fazy zaczyna się właściwa próba. Innymi słowy, dane pomiarowe i wykresy będą miały taką samą postać jak w przypadku ustawienia wstępnej siły ręcznie a następnie rozpoczęciu próby bez obciążania wstępnego.



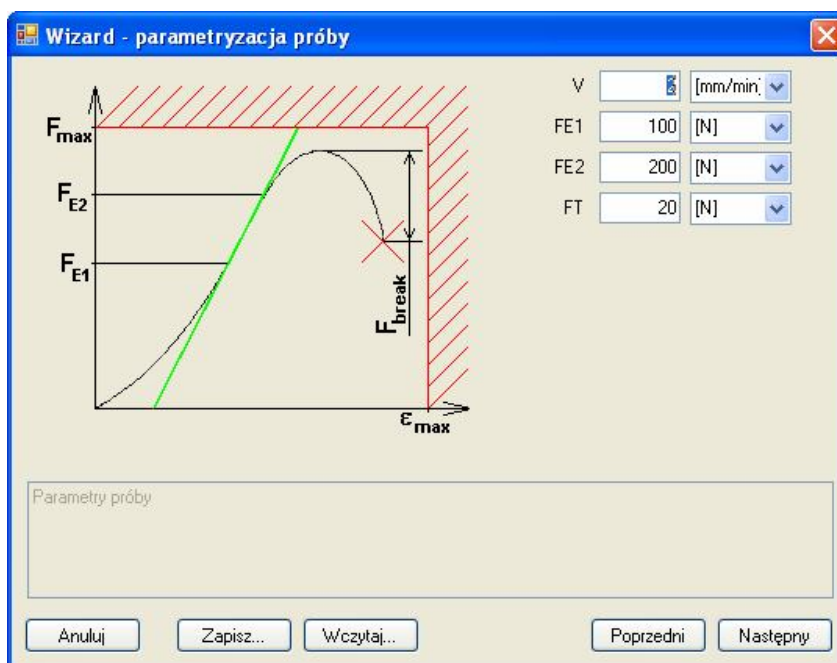
Następujące wielkości podlegają parametryzacji:

- **F₀** – zadana siła dla obciążenia wstępnego; osiągnięcie tej wartości powoduje zakończenia obciążania wstępnego i przejście do normalnej próby
- **V** – prędkość przesuwu belki roboczej podczas obciążania wstępnego
- **T** – parametr opcjonalny, w przypadku uaktywnienia należy podać maksymalny dopuszczalny czas trwania obciążania wstępnego
- **Δl** – parametr opcjonalny, w przypadku uaktywnienia należy podać maksymalne dopuszczalne przemieszczenie belki roboczej. Po jego przekroczeniu obciążanie wstępne zostanie przerwane, a próba definitywnie zakończona

9.13.5. Parametry próby

Dostępne: z wyjątkiem próby cyklicznej

Zakładka umożliwia sparametryzowanie właściwej próby.



Następujące wielkości podlegają parametryzacji:

- **V** – prędkość przesuwu belki roboczej podczas próby
- **FE1** – początek przedziału obliczeń modułu Younga. Ten parametr można zmienić po zakończeniu próby. *FE1* jest niedostępny dla *Próby Evansa*.
- **FE2** – koniec przedziału obliczeń modułu Younga. Ten parametr można zmienić po zakończeniu próby. *FE2* jest niedostępny dla *Próby Evansa*.
- **FT** – poziom nieczułości. Dopóki podczas trwania próby nie zostanie osiągnięty wskazany poziom, dopóty nie będą obliczane warunki zerwania próbki. Parametr jest niezbędny do bezproblemowego uruchamianie prób, bez poprawnego ustawienia *FT* może dochodzić do sytuacji, w której na przykład szum wnoszony do toru pomiarowego siły może być interpretowany jako zerwanie próbki. Dla *Ustaw L0* parametr *FT* jest siłą po przekroczeniu której następuje wycofanie belki roboczej.

9.13.6. Parametry próby cyklicznej

Dostępny: tylko dla próby cyklicznej

Zakładka umożliwia sparametryzowanie próby cyklicznej. Możliwa jest praca z zadaną siłą lub odkształceniem. Należy pamiętać, że w przypadku pracy z zadaną siłą sterowanie maszyną wytrzymałościową odbywa się za pomocą regulatora PID, którego wejście stanowi sygnał błędu siły a

wyjście prędkość przesuwu belki roboczej. Jest to sterowanie pośrednie, przy czym charakterystyka obiektu jest zmienna. Z tych powodów mogą wystąpić odstępstwa pomiędzy zadaniem kształtem charakterystyki a zarejestrowanym przebiegiem. Dotyczy to głównie nachylenia charakterystyk podczas obciążenia oraz odpuszczania. W takim przypadku dla sterowania nadrzędnym parametrem są zadane siły, co może spowodować, że czasy narastania i opadania będą odbiegać od zadanych. Niekiedy na wykresach można również zaobserwować przeregulowania. Wszystkie wymienione odchylenie od idealnego przebiegu powinny mieć niewielką wartość i nie powinny wpływać na analizę wyników z przeprowadzonej próby.

Wizard - parametryzacja próby

Typ obciążenia: Siła

Ilość cykli: 1

Obciążenie (Load): 200 [N]

Odpuszczenie (Rem): 100 [N]

Tload: 1 [s]

Trem: 1 [s]

Vload: 50 [N/s]

Vrem: 50 [N/s]

FT: 20 [N]

Parametry próby cyklicznej

Anuluj Zapisz... Wczytaj... Poprzedni Następny

Należy pamiętać, że maszyna wytrzymałościowej TiraTest nie jest przeznaczona do wykonywania szybkich cykli. Bezwładność oraz stopień przekładni mechanicznych stanowią czynniki ograniczające dynamikę prób. W przypadku zadawania odkształcenia aplikacja zasygnalizuje błąd polegający na próbie ustawienia wartości prędkości przesuwu przekraczające możliwości napędu. Natomiast w przypadku obciążenia siłą, ze względu na charakter sterowania, zgodnie z uwagami zawartymi w pierwszym akapicie niniejszego podpunktu, dojdzie do sytuacji, w której rzeczywiste nachylenie charakterystyk będzie znacznie odbiegać od zadanego. Do szybkich prób cyklicznych preferuje się na przykład stosowanie hydraulicznych maszyn wytrzymałościowych.

Następujące wielkości podlegają parametryzacji:

- **Typ obciążenia** – możliwa jest praca z zadaną siłą lub z zadanym odkształceniem
- **Ilość cykli** – zadana ilość cykli
- **Obciążenie (Load)** – zadany poziom obciążenia. Parametr, w zależności od wybranego typu obciążenia, wyrażany w jednostkach siły lub przemieszczenia

- **Odpuszczenie (Rem)** – zadany poziom odpuszczenia. Parametr, w zależności od wybranego typu obciążenia, wyrażany w jednostkach siły lub przemieszczenia
- **Tload** – czas trzymania obciążenia.
- **Trem** – czas trzymania odpuszczenia.
- **Vload** – szybkość narastania charakterystyki podczas obciążania. Parametr w zależności od wybranego typu obciążenia, wyrażony w jednostkach siły na jednostkę czasu lub w jednostkach przemieszczenia na jednostkę czasu
- **Vrem** – szybkość opadania charakterystyki podczas odpuszczania. Parametr w zależności od wybranego typu obciążenia, wyrażony w jednostkach siły na jednostkę czasu lub w jednostkach przemieszczenia na jednostkę czasu
- **FT** – poziom nieczułości. Dopóki podczas trwania próby nie zostanie osiągnięty wskazany poziom, dopóty nie będą obliczane warunki zerwania próbki. Parametr jest niezbędny do bezproblemowego uruchamianie prób, bez poprawnego ustawienia *FT* może dochodzić do sytuacji, w której na przykład szum wnoszony do toru pomiarowego siły może być interpretowany jako zerwanie próbki.

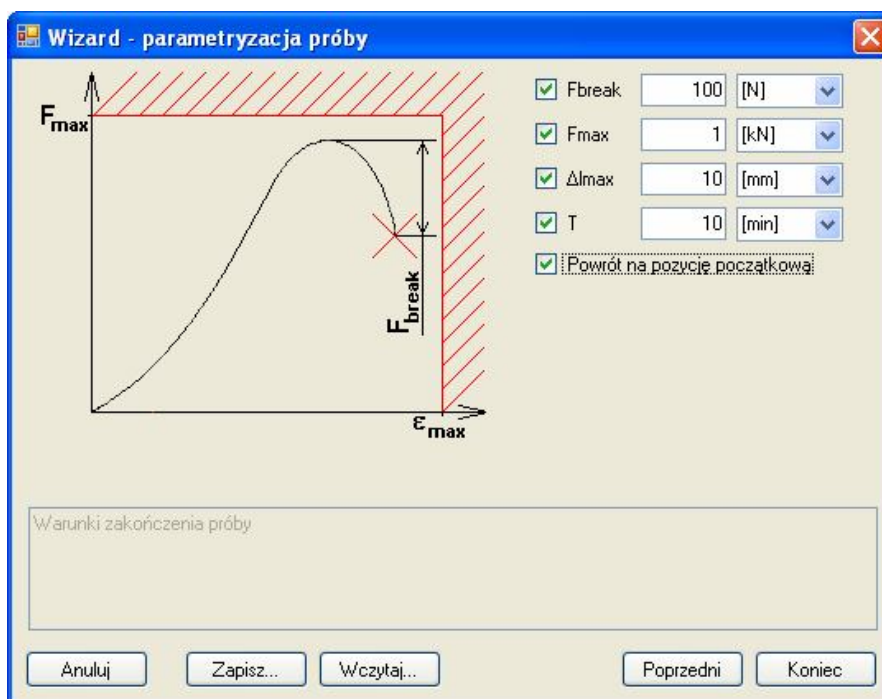
9.13.7. Warunki zakończenia próby

Dostępne: z wyjątkiem *Ustaw L0*

Zakładka umożliwia skonfigurowanie dodatkowych warunków zakończenia próby. Niezależnie od ustawień dostępnych w tym kroku zawsze jest sprawdzane wystąpienie zerwania zdefiniowanego jako spadek siły o 90% w stosunku do zarejestrowanego maksimum. Warunki zerwania są sprawdzane o ile został przekroczony zdefiniowany próg nieczułości. Dodatkowo dla próby cyklicznej warunkiem zakończenia jest wykonanie zadanej ilości cykli.

Następujące wielkości podlegają parametryzacji:

- **Fbreak** – spadek siły w odniesieniu do zarejestrowanego maksimum, który zostanie zdetektowany jako zerwanie pod warunkiem wcześniejszego przekroczenia progu nieczułości; parametr opcjonalny
- **Fmax** – maksymalna siła dopuszczalna, przekroczenie spowoduje zakończenie próby; parametr opcjonalny
- **Δlmax** – maksymalne dopuszczalne odkształcenie, przekroczenie spowoduje zakończenie próby; parametr opcjonalny
- **T** – timeout próby, przekroczenie zadanego czasu spowoduje wyświetlenie okna z komunikatem i pytaniem czy próba ma być kontynuowana. Odpowiedź negatywna powoduje przerwanie pracy maszyny; parametr opcjonalny
- **Powrót na pozycję początkową** – wybór tej opcji powoduje, że po prawidłowym zakończeniu próby (to znaczy nie na skutek wystąpienie błędu sprzętowego, czy też przerwania próby przez użytkownika) belka robocza zostaje wycofana na pozycję startową.



9.14. Metryka próby

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: niedostępne jeżeli żaden dokument nie jest otwarty

Otwiera okno umożliwiające wpisanie informacji o wykonywanej próbie lub tworzonej statystyce. Wprowadzone dane są umieszczane na wygenerowanych raportach. W oknie dialogowym znajdują się cztery pola edycyjne:

- **Tester** – miejsce na wprowadzenie informacji identyfikujących osobę wykonującą próbę
- **Organizacja** – miejsce na wprowadzenie informacji identyfikujących jednostkę organizacyjną wykonującą próbę
- **Material** – miejsce na wprowadzenie informacji na temat materiału próbki poddawanego badaniom
- **Komentarz** – miejsce na wprowadzenie komentarza do przeprowadzonej próby

9.15. Start próby

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: tylko dla dokumentów próby, dla których nie została wykonana próba

Otwiera okno dialogowe, które zawiera informacje na temat konfiguracji próby. W górnej części znajduje się drzewo parametrów próby, tożsamy z drzewem umieszczonym w *Panelu parametrów próby* w oknie widoku dokumentu. W dolnej części umieszczona jest informacja o podpiętym przetworniku siły i rezultat ostatecznej kontroli poprawności konfiguracji. W przypadku wystąpienia błędu wyświetlona zostaje

dotatkowa informacja o nieprawidłowym parametrze. W takim przypadku klawisze ze strzałkami nad i pod napisem START są nieaktywne.



Jeżeli konfiguracja próby jest prawidłowa, używając klawiszy ze strzałkami po prawej stronie okna można rozpocząć próbę. Strzałki pokazują kierunek, w którym rozpocznie się ruch belki roboczej. Takie rozwiązanie jest niezbędne ze względu na różne możliwości montażu oprządkowania.

9.16. Wyłącz hold

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: tylko dla próby, która została wprowadzona w stan hold

Próba może zostać wprowadzona w stan hold za pomocą przycisku umieszczonego na pilocie trybu ręcznego. Stan hold oznacza zatrzymanie belki roboczej, przy czym przez cały czas trwa rejestracja danych. Po użyciu polecenia *Wyłącz hold* próba jest kontynuowana zgodnie z ustawieniami.

9.17. Zakończ próbę

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: tylko dla wykonywanej próby

Polecenie zatrzymuje wykonywanie próby. Jako przyczyna zakończenia podane będzie *PC*.

9.18. Wyczyść dane

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: tylko dla wykonanej próby

Polecenie powoduje usunięcie wszystkich zarejestrowanych danych, pozostawiając niezmienioną konfigurację próby. Polecenie umożliwia seryjne wykonywanie doświadczeń z tymi samymi nastawami bez konieczności każdorazowego wczytywania pliku próby lub pliku z ustawieniami. Przy takiej pracy należy jednak pamiętać, aby po każdorazowym zakończeniu próby, a przed użyciem polecenia *Wyczyść dane*, wywołać polecenie *Zapisz jako*.

9.19. Nastawa prędkości w trybie ręcznym

Klawisz skrótu: brak

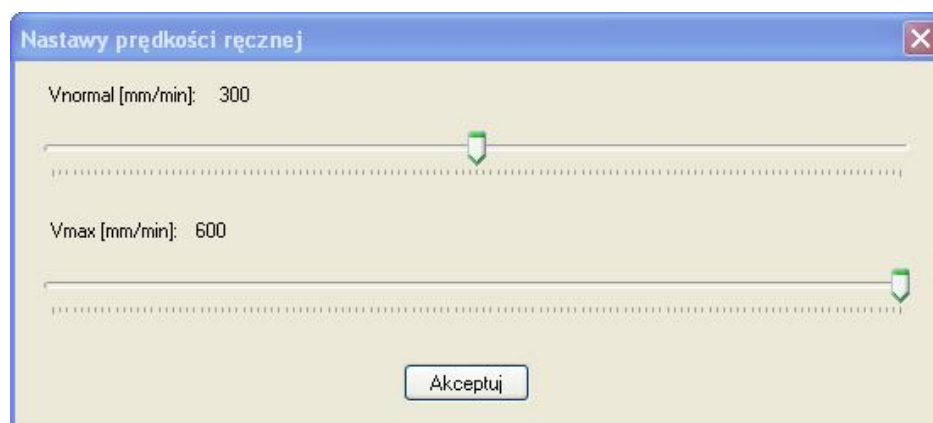
Pasek narzędzi: brak

Dostępne: zawsze jeżeli jest nawiązane połączenie ze sterownikiem i nie trwa żadna próba

Polecenie powoduje otwarcie okna dialogowego umożliwiającego zdefiniowanie dwóch prędkości dla pracy ręcznej. Nastawy są używane podczas ręcznego przemieszczania belki roboczej przy użyciu pilota trybu ręcznego. Należy pamiętać, że zdefiniowane prędkości nie są zapamiętywane. Oznacza, to że po załączeniu sterownika zawsze będą używane wartości domyślne. Rozwiązanie takie zostało przyjęte z powodów bezpieczeństwa.



Używanie dużych prędkości przesuwu belki roboczej w trybie ręcznym może doprowadzić do wypadku lub uszkodzenia maszyny. Nie należy pozostawiać włączonej maszyny po wprowadzeniu wartości prędkości, które mogą być niebezpieczne dla niepoinformowanego użytkownika.



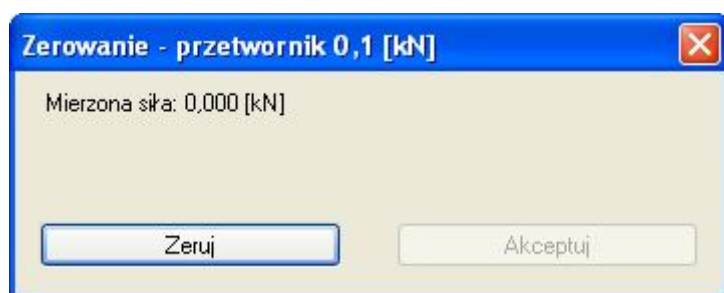
9.20. Zerowanie

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: zawsze jeżeli jest nawiązane połączenie ze sterownikiem i nie trwa żadna próba

Polecenie umożliwia wyzerowanie wskazań przetwornika siły. Zaleca się, aby wykonywać tę operację przed próbą lub serią prób. Praca z mostkami tensometrycznymi wymaga kontroli zera ze względu na możliwość pełzania przetwornika, szczególnie po serii dużych obciążeń. Osobnym powodem, dla którego należy sprawdzać wyzerowanie toru pomiarowego siły są różne typy stosowanego oprzyrządowania. Na przykład różne uchwyty próbek montowane pod przetwornikiem siły mogą posiadać różną masę.



Na belce tytułowej okna dialogowego znajduje się informacja o zakresie podłączonego przetwornika siły. W oknie wyświetlany jest bieżący odczyt siły. Wciśnięcie klawisza *Zeruj* powoduje wyliczenie nowych współczynników kalibracyjnych i zastosowanie ich do wyliczania wskazań siły. Znajduje to natychmiastowe odzwierciedlenie w wyświetlanych wartościach. Użycie klawisza *Akceptuj* powoduje wpisanie nowych współczynników do pamięci sterownika.

Należy pamiętać, że każdy zakres przetwornika siły posiada własny zestaw współczynników kalibracyjnych. Zerowanie dotyczy tylko i wyłącznie zakresu używanego w danym momencie.



Podczas korzystania z pracy w trybie ręcznym należy zachować szczególną ostrożność. Powstanie zbyt dużych nacisków może spowodować zniszczenie przetworników siły.

9.21. Kalibracja

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: zawsze jeżeli jest nawiązane połączenie ze sterownikiem i nie trwa żadna próba

Polecenie umożliwia kalibrację wskazań przetwornika siły. Zaleca się, aby okresowo sprawdzać poprawność metrologiczną torów pomiarowych. W celu dokonania kalibracji niezbędne jest użycie przyrządu referencyjnego. Kalibracja oparta jest na obliczaniu prostej przechodzącej przez dwa punkty umieszczone na płaszczyźnie charakterystyki przejściowej toru pomiarowego.

Na belce tytułowej okna dialogowego znajduje się informacja o zakresie podłączonego przetwornika siły. W oknie wyświetlany jest bieżący odczyt siły w kN oraz w jednostkach przetwornika A/C. Aby wykonać kalibrację należy ustawić przyrząd referencyjny pod głowicą przetwornika siły i używając pilota trybu ręcznego wywołać nacisk odpowiadający pierwszemu a następnie drugiemu punktowi kalibracji. W zasadzie wybór punktów jest arbitralny. Jeżeli nie ma dodatkowych okoliczności determinujących żądane wielkości sił, zaleca się aby jeden punkt kalibracyjny był położony w granicach 20% zakresu przetwarzania kalibrowanego toru, a drugi w graniach 80..90%. Jedynym ograniczeniem jest zachowanie minimalnej odległości pomiędzy punktami kalibracyjnymi. W przypadku próby ustawienia punktów kalibracyjnych bliżej niż 10% zakresu pomiarowego przetwornika siły, w oknie dialogowym pojawiają się wykrzykniki na czerwonym tle przy wielkościach wzorcowych i/lub zmierzonych. Może dojść do sytuacji, w której pomimo poprawnie wprowadzonych wartości wzorcowych, aplikacja będzie sygnalizować błędne wartości zmierzone. Może to świadczyć o tym, że:

- Wprowadzone wartości wzorcowe nie odpowiadają rzeczywistemu naciskowi
- Któraś z użytych wartości wzorcowych leży poza zakresem przetwornika
- Przetwornik siły jest nieprawidłowo podłączony do szafy sterującej
- Uszkodzeniu przetwornika siły

Kalibracja - przetwornik 0,1 [kN]

Mierzona siła: 0,000 [kN] (0 jed.)

	Wartość wzorcowa [kN]	Wartość zmierzona [jed.]
Punkt 1.	0,000	0
Punkt 2.	0,000	0

Nowe A: 0,00000E+000 Nowe B: 0

Kalibruj Akceptuj

Po ustawieniu wymaganego nacisku należy w polu edycyjnym *Wartość wzorcowa [kN]* wpisać wielkość odczytaną z przyrządu referencyjnego i wcisnąć klawisz *Definiuj punkt1*. W rezultacie w prawej części okna pojawiają się odpowiednie wielkości w linii *Punkt 1*. Następnie należy powtórzyć powyższe czynności dla punktu drugiego. Jeżeli dane zostały wprowadzone poprawnie klawisz *Kalibruj* stanie się dostępny. Jego użycie spowoduje wyliczenie nowych współczynników kalibracyjnych i zastosowanie ich do wyliczania wskazań siły. Znajduje to natychmiastowe odzwierciedlenie w wyświetlanych wartościach. Użycie klawisza *Akceptuj* powoduje wpisanie nowych współczynników do pamięci sterownika.



Podczas korzystania z pracy w trybie ręcznym należy zachować szczególną ostrożność. Powstanie zbyt dużych nacisków może spowodować zniszczenie przetworników siły.

9.22. Nowe okno

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: zawsze gdy jest otwarty przynajmniej jeden dokument

Standardowe polecenie dla interfejsu MDI. Powoduje otwarcie nowego okna widoku dla bieżącego dokumentu. W różnych oknach widoku dokumentu można na przykład obserwować różne fragmenty wykresu.

9.23. Kaskada

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: zawsze gdy jest otwarty przynajmniej jeden dokument

Standardowe polecenie dla interfejsu MDI. Powoduje rozmieszczenie wszystkich otwartych okien widoków dokumentów kaskadowo.

9.24. Rozmieść pionowo

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: zawsze gdy jest otwarty przynajmniej jeden dokument

Standardowe polecenie dla interfejsu MDI. Powoduje rozmieszczenie wszystkich otwartych okien widoków dokumentów jedno obok drugiego.

9.25. Rozmieść poziomo

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: zawsze gdy jest otwarty przynajmniej jeden dokument

Standardowe polecenie dla interfejsu MDI. Powoduje rozmieszczenie wszystkich otwartych okien widoków dokumentów jedno pod drugim.

9.26. Zamknij wszystkie

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: zawsze gdy jest otwarty przynajmniej jeden dokument

Standardowe polecenie dla interfejsu MDI. Powoduje zamknięcie wszystkich otwartych okien widoków dokumentów, a co za tym idzie wszystkich dokumentów.

9.27. Rozmieść ikony

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: zawsze gdy jest otwarte przynajmniej jedno okno widoku dokumentu

Standardowe polecenie dla interfejsu MDI. Powoduje rozmieszczenie jednego obok drugiego, wszystkich zminimalizowanych okien widoku dokumentu.

9.28. Lista otwartych dokumentów

Klawisz skrótu: brak

Pasek narzędzi: brak

Dostępne: zawsze gdy jest otwarte przynajmniej jedno okno widoku dokumentu

Standardowy element interfejsu MDI. Każde otwarcie nowego okna widoku dokumentu powoduje pojawienie się pozycji menu z nazwą okna. Umożliwia to szybkie przełączania się pomiędzy oknami, co stanowi ułatwienie szczególnie w przypadku pracy z większą ilością widoków. Jeżeli zostało otwarte dziewięć okien widoku, otwarcie kolejnego powoduje pojawienie się pozycji *Więcej okien...* Użycie tego polecenia powoduje otwarcie okna dialogowego zawierającego przewijaną listę wszystkich otwartych okien widoku dokumentu.

10. Przebieg próby

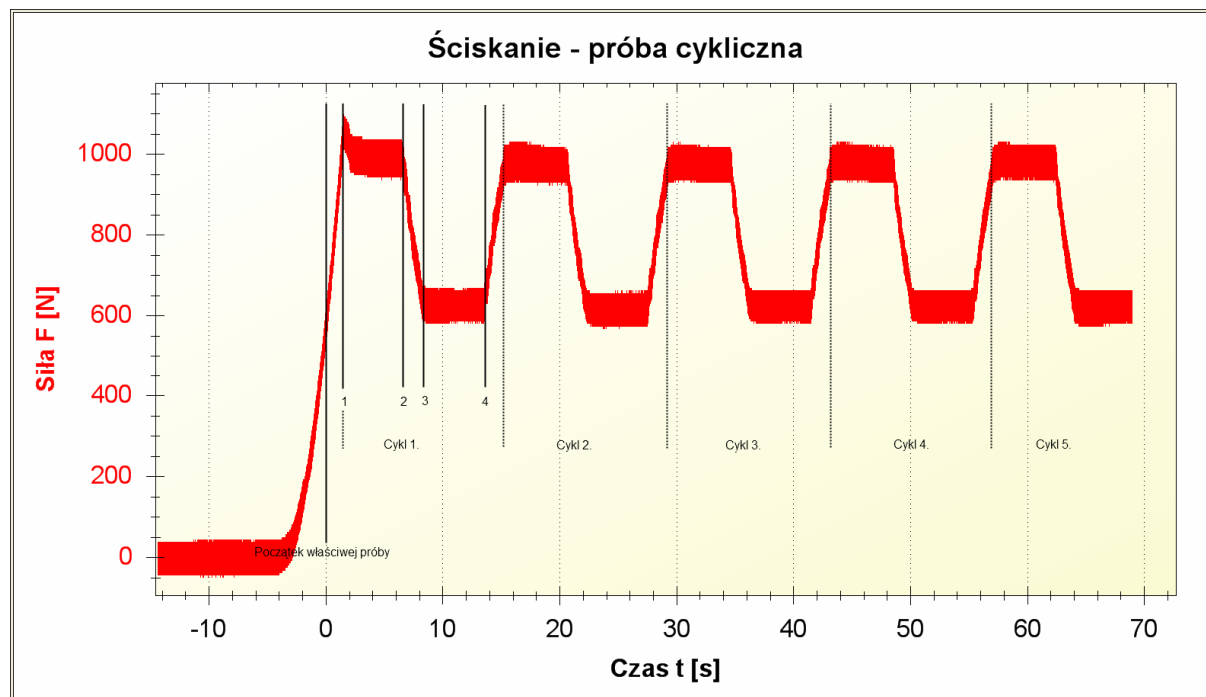
Sposób realizacji próby wytrzymałościowej można podzielić na kilka etapów:

- **Start próby** – do sterownika przekazywane są parametry próby oraz rozkaz rozpoczęcia pracy, jednocześnie następuje inicjalizacja modułów rachunkowych
- **Obciążanie wstępne** – faza opcjonalna, jeżeli została aktywowana, sterownik przesuwając belkę roboczą zadaną prędkością monitorując warunki zakończenia tej fazy próby. Przejście do następnej fazy następuje tylko w przypadku osiągnięcia zadanej siły obciążenia wstępnego
- **Próba** – sposób realizacji tej fazy jest uzależniony od tego czy została wybrana próba cykliczna, czy też nie.
 - Dla każdej próby realizowane są następujące kroki:
 - Detekcja rozpoczęcia właściwej próby – niekiedy, w momencie startu próby, nie występuje nacisk, ze względu na pozostawioną szczelinę pomiędzy próbką a głowicą roboczą. W związku z tym na wykresie kreślona jest linia odpowiadająca niezmiennej sile o wartości w pobliżu 0 kN. Wprowadzony algorytm wyznacza moment pojawienia się nacisku. W tym punkcie przyjmowane jest początek właściwej próby i położenie chwili czasowej zero. Wykres przed tak wyznaczonym punktem znajduje się po ujemnej stronie osi czasu. Odmiennie traktowana jest próba cykliczna. W jej przypadku przekroczenie wartości odpowiadającej odpuszczeniu jest jednoznaczne z ustanowieniem punktu rozpoczęcia właściwej próby
 - Detekcja ekstremów – podczas trwania próby sprawdzane jest wystąpienie minimum i maksimum siły oraz minimalne i maksymalne odkształcenie
 - Detekcja przekroczenia poziomu nieczułości – poniżej poziomu nieczułości *FT* nie funkcjonuje detekcja zniszczenia próbki.
 - Detekcja zniszczenia próbki – podczas próby rejestrowany jest moment wystąpienia najwyższej pochodnej siły po czasie. W przypadku wystąpienia warunku zerwania (spadek siły względem zarejestrowanego maksimum o zadaną wartość lub o 90%) zarejestrowany punkt jest przyjmowany jako moment zniszczenia próbki
 - Sprawdzenie wystąpienia timeout-u – opcjonalne, jeżeli warunek timeout-u został skonfigurowany i upłynął wyznaczony czas aplikacja zgłasza ten fakt odpowiednim komunikatem, pozostawiając użytkownikowi decyzję o przerwaniu próby
 - Obsługa stanu hold – jeżeli na pilocie trybu ręcznego został wciśnięty klawisz hold, sterownik zatrzymuje ruch belki roboczej. Wznowienie próby jest możliwe z menu aplikacji; polecenie *Narzędzia* → *Wyłącz hold*

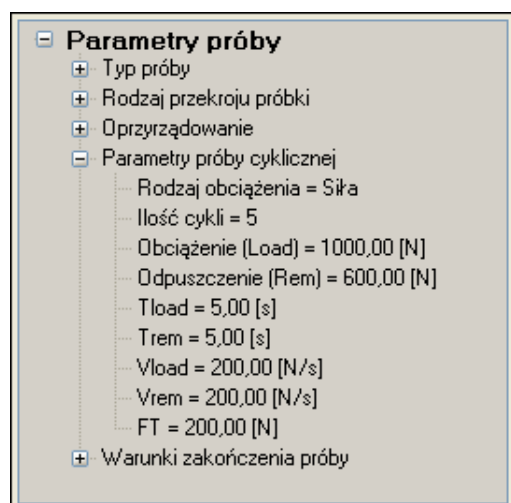
- Akwizycja danych – przez cały czas trwania próby do aplikacji przesyłane są dane, które są przetwarzane, zapamiętywane oraz prezentowane graficznie
- Detekcja warunków zakończenie próby – podczas próby sprawdzane są wszystkie aktywne warunki skonfigurowane przez użytkownika, stan zabezpieczeń sprzętowych oraz ewentualność użycia klawisza *STOP* na
 - Dla prób niecyklicznych, z wyjątkiem próby Evansa
 - Realizacja obliczeń modułu Younga – podczas trwania próby sprawdzane jest czy mierzona siła znajduje się w skonfigurowanym przedziale obliczeń modułu Younga, jeżeli tak, dokonywane są niezbędne rachunki
 - Dla prób cyklicznych
 - Detekcja punktów charakterystycznych cyklu – algorytm realizuje śledzenie przejść przez punkty charakterystyczne cyklu oraz zliczanie wykonanych cykli
- **Zakończenie próby** – wykrycie zaistnienia któregośkolwiek z warunków zakończenia próby powoduje zatrzymanie belki roboczej, przerwanie akwizycji danych i finalizację obliczeń.
- **Powrót na pozycję początkową** – faza opcjonalna, jeżeli została aktywowana, a próba jest zakończona w poprawny sposób (nie została przerwana przez użytkownika lub z powodu zadziałania zabezpieczeń sprzętowych) następuje powrót belki roboczej na pozycję początkową

11. Próba cykliczna

Na ilustracjach przedstawiono rezultat przeprowadzenia próby cyklicznej z obciążeniem siłą. Na wykresie zaznaczono początek właściwej próby, punkty charakterystyczne pierwszego cyklu oraz kolejne cykle. Oczywiście w przypadku użycia wykresu naprężenia od czasu uzyskamy bardzo podobny rezultat, różnica widoczna jedynie w skali i jednostkach osi Y.



Na kolejnej ilustracji widać w jaki sposób została sparametryzowana przedstawiona próba cykliczna.



Następna ilustracja przedstawia wynik dokonanych obliczeń.

Parametr	Wartość
<input type="checkbox"/> Parametry ogólne	
Przyczyna zakończenia	Zadana ilość cykli
Czas trwania próby $T =$	83,372 [s]
Czas trwania właściwej próby $T_r =$	69,002 [s]
<input type="checkbox"/> Minimalna siła $F_{min} =$	0,530 [kN]
<input type="checkbox"/> Maksymalna siła $F_{max} =$	1,098 [kN]
<input type="checkbox"/> Minimalne przemieszczenie $\Delta l_{min} =$	-0,110 [mm]
<input type="checkbox"/> Maksymalne przemieszczenie $\Delta l_{max} =$	0,000 [mm]
<input type="checkbox"/> Próba cykliczna	
<input type="checkbox"/> Cykl 1.	
<input type="checkbox"/> Parametry	
Odkształcenie całkowite $\epsilon_{tot} =$	-0,449 [%]
Odkształcenie elastyczne $\epsilon_{el} =$	0,038 [%]
Odkształcenie plastyczne $\epsilon_{pl} =$	-0,486 [%]
Współczynnik odkształceń $D =$	-0,077 [/]
Retardacja $\Delta \epsilon =$	-0,449 [%]
<input type="checkbox"/> Punkty cyklu	
<input checked="" type="checkbox"/> $F[1] =$	0,605 [kN]
$\sigma =$	6,050 [MPa]
$@t =$	0,000 [s]
$@\Delta l =$	0,000 [mm]
$@\epsilon =$	0,000 [%]
<input type="checkbox"/> $F[2] =$	1,004 [kN]
<input type="checkbox"/> $F[3] =$	1,036 [kN]
<input type="checkbox"/> $F[4] =$	0,599 [kN]
<input type="checkbox"/> Cykl 2.	
<input type="checkbox"/> Cykl 3.	
<input type="checkbox"/> Cykl 4.	
<input type="checkbox"/> Cykl 5.	

Należy pamiętać, że w przypadku pracy z zadaną siłą sterowanie maszyną wytrzymałościową odbywa się za pomocą regulatora PID, którego wejście stanowi sygnał błędu siły a wyjście prędkość przesuwu belki roboczej. Jest to sterowanie pośrednie, przy czym charakterystyka obiektu jest zmienna. Z tych powodów mogą wystąpić odstępstwa pomiędzy zadanym kształtem charakterystyki a zarejestrowanym przebiegiem. Dotyczy to głównie nachylenia charakterystyk podczas obciążenia oraz odpuszczania. W takim przypadku dla sterowania nadrzędnym parametrem są zadane siły, co może spowodować, że czasy narastania i opadania będą odbiegać od zadanych. Jak widać na załączonym wykresie – punkt 1. cyklu 1. – niekiedy można również zaobserwować przeregulowania. Wszystkie wymienione odchylenie od idealnego przebiegu powinny mieć niewielką wartość i nie powinny wpływać na analizę wyników z przeprowadzonej próby.

Należy pamiętać, że maszyna wytrzymałościowej TiraTest nie jest przeznaczona do wykonywania szybkich cykli. Bezładność oraz stopień przekładni mechanicznych stanowią czynniki ograniczające dynamikę prób. Do szybkich prób cyklicznych preferuje się na przykład stosowanie hydraulicznych maszyn wytrzymałościowych.

W przypadku obciążania odkształceniem charakterystyczne punkty cykli można zaobserwować na wykresach przemieszczenie od czasu lub odkształcenie od czasu.

12. Wyniki pomiarów

W efekcie przeprowadzenia próby aplikacja oblicza szereg parametrów, które zostają umieszczone w *Panelu wyliczonych parametrów*. Zestaw danych zmienia się w zależności od typu przeprowadzanej próby. Na użytek niniejszego opisu zdefiniowane zostały dwa dodatkowe pojęcia:

- Informacja dodatkowa dla siły – zestaw informacji dla parametru wyrażonego jako siła (na przykład F_{max}) zawierający:
 - σ – naprężenie odpowiadające sile; wartość podlega przeliczeniu w przypadku zmiany parametrów przekroju poprzecznego próbki
 - $@t$ – chwila czasowa, w której parametr został zarejestrowany
 - $@\Delta l$ – przemieszczenie odpowiadające $@t$
 - $@\varepsilon$ – odkształcenie odpowiadające $@\Delta l$; wartość podlega przeliczeniu w przypadku zmiany parametrów oprzyrządowania
- Informacja dodatkowa dla przemieszczenia:
 - ε – odkształcenie odpowiadające przemieszczeniu; wartość podlega przeliczeniu w przypadku zmiany parametrów oprzyrządowania
 - $@t$ – chwila czasowa, w której parametr został zarejestrowany
 - $@F$ – siła odpowiadająca $@t$
 - $@\sigma$ – naprężenie odpowiadające $@F$; wartość podlega przeliczeniu w przypadku zmiany parametrów przekroju poprzecznego próbki

Poniżej przedstawiona została lista obliczanych parametrów:

- **Parametry ogólne** – dane, które są wyznaczane bez względu na typ próby
 - Przyczyna zakończenia – możliwe są następujące wartości:
 - *Zerwania 90%* – zakończenie próby z powodu wystąpienia warunku zerwania polegającego na spadku siły do 10% zarejestrowanej wartości maksymalnej
 - *Zerwanie* – zakończenie próby z powodu wystąpienia warunku zerwania sparametryzowanego przez użytkownika
 - *Przekroczenie siły* – zakończenie próby z powodu przekroczenia maksymalnej siły; jako maksymalna siła rozumiany jest parametr zadany przez użytkownika lub wielkość wynikającego z zakresu pomiarowego użytego przetwornika siły
 - *Przekroczenie wydłużenia* – zakończenie próby z powodu przekroczenia maksymalnego wydłużenia zadanego przez użytkownika
 - *Zadana ilość cykli* – zakończenie próby cyklicznej z powodu wykonania zadanej ilości cykli
 - *Pozycjonowanie OK* – poprawne zakończenie próby *Ustaw L0*
 - *PC* – zatrzymanie próby poleceniem z menu aplikacji *Narzędzia* → *Zakończ próbę*
 - *Przycisk STOP* – zakończenie próby przyciskiem *STOP* z pilota sterowania ręcznego
 - *Timeout* – zakończenie próby przez użytkownika po wystąpieniu timeout-u

- *Krańcówka* – zakończenie próby z powodu zadziałania krańcówki (zabezpieczenie sprzętowe)
 - *Błąd komunikacji* – zakończenie próby z powodu wystąpienia błędu komunikacyjnego pomiędzy aplikacją a sterownikiem
 - *Błąd serwowzmacniacza* – zakończenie próby z powodu wykrycia błędu/awarii serwowzmacniacza lub serwonapędu (zabezpieczenie sprzętowe)
 - Czas trwania próby T – całkowity czas trwania próby od uruchomienia lub od momentu zakończenia obciążania wstępnego, jeżeli było używane, do zakończenia
 - Czas trwania właściwej próby T_r – czas trwania próby od momentu wyznaczonego przez algorytm jako początek nacisku lub osiągnięcie poziomu odpuszczenia dla próby cyklicznej
 - Minimalna siła F_{min} – minimalna siła zarejestrowana podczas próby
 - *Informacje dodatkowe dla siły*
 - Maksymalna siła F_{max} – maksymalna siła zarejestrowana podczas próby
 - *Informacje dodatkowe dla siły*
 - Minimalne przemieszczenie Δl_{min} – minimalne przemieszczenie zarejestrowane podczas próby
 - *Informacje dodatkowe dla przemieszczenia*
 - Maksymalne przemieszczenie Δl_{min} – maksymalne przemieszczenie zarejestrowane podczas próby
 - *Informacje dodatkowe dla przemieszczenia*
- **Parametry niszące** – wyniki obliczeń dokonywanych w przypadku wykrycia zerwania próbki; nie dotyczy prób cyklicznych
 - Praca zniszczenia W_{break} – praca obliczona jako całka z zarejestrowanej krzywej siła od przemieszczenia; początek całkowania przyjmowany jest w chwili rozpoczęcia właściwej próby
 - Przeliczona praca zniszczenia W_{break}/S – iloraz pracy zniszczenia W_{break} przez pole przekroju poprzecznego; wartość podlega przeliczeniu po zakończeniu próby, w przypadku zmiany parametrów przekroju poprzecznego
 - Odporność na kruche pękanie KIc – wartość obliczana tylko i wyłącznie dla *Próby Evansa*; wartość podlega przeliczeniu po zakończeniu próby, w przypadku zmiany parametrów przekroju poprzecznego lub oprzyrządowania
 - Siła nisząca F_{break} – siła zdetektowana podczas próby jako nisząca
 - *Informacje dodatkowe dla siły*
 - **Moduł Younga** – moduł Younga nie jest obliczany dla prób *Ustaw $L0$* , cyklicznych oraz *Evansa*
 - Metoda siecznej E – moduł Younga wyliczony na bazie prostej przechodzącej przez początek i koniec zadanego przedziału obliczeń; wartość podlega przeliczeniu po zakończeniu próby, w przypadku zmiany przedziału obliczeń

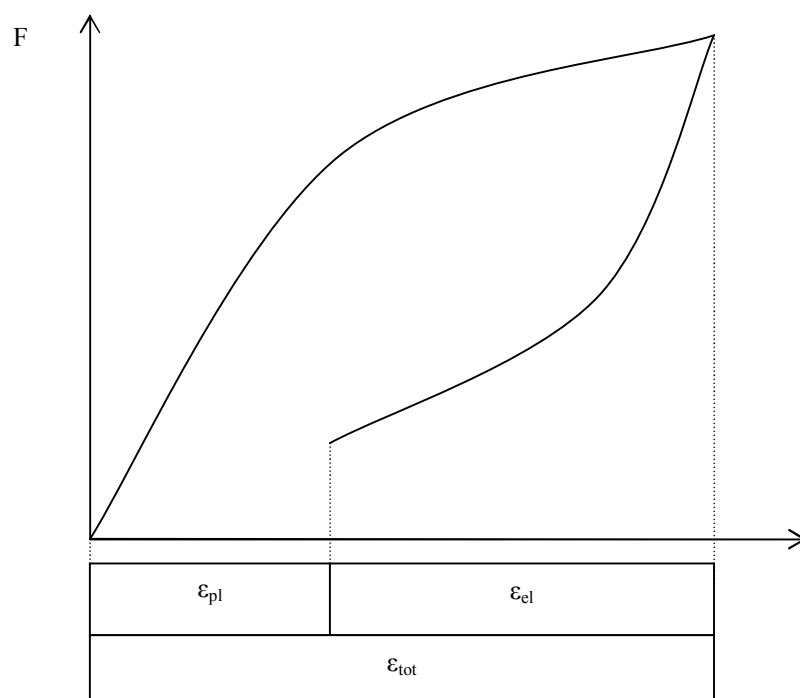
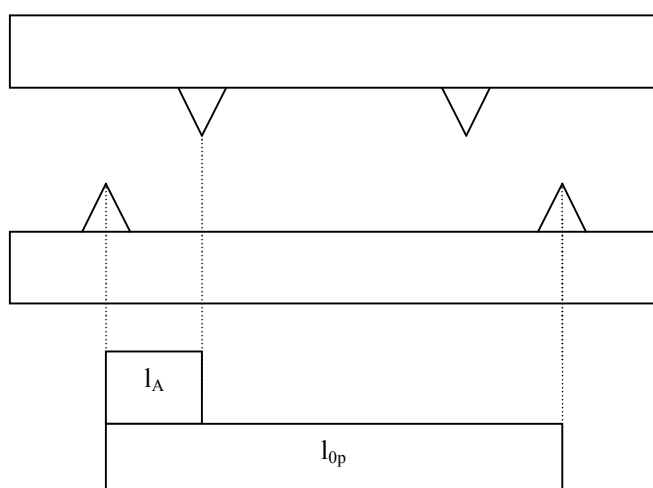
- Metoda regresji E – moduł Younga wyliczony na bazie prostej wyznaczonej metodą regresji liniowej w zadanym przedziale obliczeń; wartość podlega przeliczeniu po zakończeniu próby, w przypadku zmiany przedziału obliczeń
- Przedział obliczeń
 - Start obliczeń FE1 – poziom siły, od której zaczyna się obliczanie modułu Younga; parametr można zmienić po zakończeniu próby
 - *Informacje dodatkowe dla siły*
 - Koniec obliczeń FE2 – poziom siły, na której kończą się obliczanie modułu Younga; parametr można zmienić po zakończeniu próby
 - *Informacje dodatkowe dla siły*
- **Próba cykliczna** – obciążanie siłą
 - Cykl N – ta sekcja powtórzona jest tyle razy ile zostało wykonanych pełnych cykli; w miejsce *N* wstawiany jest kolejny numer cyklu rozpoczynając od 1
 - Parametry
 - Odształcenie całkowite ϵ_{tot} – wartość liczona jako różnica maksymalnego odkształcenia zarejestrowanego w danym cyklu i odkształcenia początkowego dla danego cyklu; wartość podlega przeliczeniu w przypadku zmiany parametrów oprzyrządowania
 - Odształcenie elastyczne ϵ_{el} – wartość liczona jako różnica maksymalnego odkształcenia zarejestrowanego w danym cyklu i odkształcenia końcowego dla danego cyklu; wartość podlega przeliczeniu w przypadku zmiany parametrów oprzyrządowania
 - Odształcenie plastyczne ϵ_{pl} – wartość liczona jako różnica odkształcenia końcowego zarejestrowanego w danym cyklu i odkształcenia początkowego dla danego cyklu; wartość podlega przeliczeniu w przypadku zmiany parametrów oprzyrządowania
 - Współczynnik odkształceń D – wartość liczona jako iloraz odkształcenia elastycznego przez odkształcenie plastyczne; wartość podlega przeliczeniu w przypadku zmiany parametrów oprzyrządowania
 - Reardacja – wartość liczona jako różnica maksymalnego odkształcenia zarejestrowanego w danym cyklu i minimalnego odkształcenia w tym cyklu; wartość podlega przeliczeniu w przypadku zmiany parametrów oprzyrządowania
 - Punkty cyklu
 - F[1] – siła dla pierwszego punktu charakterystycznego cyklu
 - *Informacje dodatkowe dla siły*
 - F[2] – siła dla drugiego punktu charakterystycznego cyklu
 - *Informacje dodatkowe dla siły*
 - F[3] – siła dla trzeciego punktu charakterystycznego cyklu

- *Informacje dodatkowe dla siły*
 - F[4] – siła dla czwartego punktu charakterystycznego cyklu
 - *Informacje dodatkowe dla siły*
- **Próba cykliczna** – obciążanie odkształceniem
 - Cykl N. – ta sekcja powtórzona jest tyle razy ile zostało wykonanych pełnych cykli; w miejsce *N* wstawiany jest kolejny numer cyklu rozpoczynając od 1
 - Parametry
 - Redukcja siły bw – wartość liczona jako iloraz zmiany siły pomiędzy początkiem odpuszczania (3. punkt charakterystyczny cyklu) pierwszego cyklu a końcem danego cyklu przez wartość siły zarejestrowaną na początku odpuszczania pierwszego cyklu
 - Relaksacja ΔF – wartość liczona jako różnica pomiędzy największą siłą zarejestrowaną podczas trwania cyklu a najmniejszą siłą
 - Punkty cyklu
 - $\Delta l[1]$ – przemieszczenie dla pierwszego punktu charakterystycznego cyklu
 - *Informacje dodatkowe dla przemieszczenia*
 - $\Delta l[2]$ – przemieszczenie dla drugiego punktu charakterystycznego cyklu
 - *Informacje dodatkowe dla przemieszczenia*
 - $\Delta l[3]$ – przemieszczenie dla trzeciego punktu charakterystycznego cyklu
 - *Informacje dodatkowe dla przemieszczenia*
 - $\Delta l[4]$ – przemieszczenie dla czwartego punktu charakterystycznego cyklu
 - *Informacje dodatkowe dla przemieszczenia*

13. Wzory

Niniejszy rozdział przedstawia zastosowane wzory obliczeniowe.

13.1. Użyte oznaczenia



S_0 – pole powierzchni przekroju poprzecznego

E – moduł Younga

F – siła

ΔF_E – różnica sił wskazanych jako początek i koniec przedziału, w którym obliczany jest moduł Younga

Δl_E – zmiana odkształcenia/ugięcia próbki zmierzona w przedziale ΔF_E

l_0 – długość początkowa próbki

l – odkształcenie/ugięcie próbki

Δl – zmiana odkształcenia/ugięcia

l_{0p} – odstęp pomiędzy podporami (dla gięcia 3- i 4-punktowego)

l_A – odległość pomiędzy dolną podporą a punktem nacisku (dla gięcia 4-punktowego)

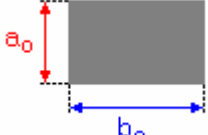
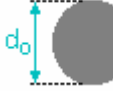

ε_{el} – odkształcenie elastyczne

ε_{pl} – odkształcenie plastyczne

ε_{tot} – odkształcenie całkowite

c – głębokość karbu dla próbki przygotowanej dla *Próby Evansa*

13.2. Pola powierzchni przekroju poprzecznego

Typ przekroju		Wzór
Prostokątny		$S_0 = a_0 b_0$
Kołowy		$S_0 = \frac{\Pi d_0^2}{4}$
Pierścieniowy		$S_0 = \frac{\Pi(d_a - d_i)^2}{4}$

13.3. Próba ściskania i rozciągania

Poniższe wzory znajdują zastosowanie dla wszystkich typów przekroju poprzecznego.

13.3.1. Naprężenia

$$\sigma = \frac{F}{S_0}$$

13.3.2. Wydłużenie względne

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

13.3.3. Moduł Younga

Metoda	Wzór
Siecznej	$E = \frac{\Delta F_E l_0}{S_0 \Delta l_E}$
Regresji liniowej	$E = \frac{l_0}{S_0} \frac{n \sum l_i F_i - \sum l_i \sum F_i}{n \sum l_i^2 - (\sum l_i)^2}$

13.4. Próba gięcia 3-punktowego

13.4.1. Przekrój prostokątny

13.4.1.1. Naprężenia

$$\sigma = \frac{3l_{0p} F}{2b_0 a_0^2}$$

13.4.1.2. Wydłużenie względne

$$\varepsilon = \frac{6a_0 \Delta l}{l_{0p}^2}$$

13.4.1.3. Moduł Younga

Metoda	Wzór
Siecznej	$E = \frac{\Delta F_E l_{0p}^3}{4 \Delta l_E b_0 a_0^3}$
Regresji liniowej	$E = \frac{l_{0p}^3}{4b_0 a_0^3} \frac{n \sum l_i F_i - \sum l_i \sum F_i}{n \sum l_i^2 - (\sum l_i)^2}$

13.4.2. Przekrój kołowy

13.4.2.1. Naprężenia

$$\sigma = \frac{8l_{0p} F}{\pi d_0^3}$$

13.4.2.2. Wydłużenie względne

$$\varepsilon = \frac{6d_0\Delta l}{l_{0p}^2}$$

13.4.2.3. Moduł Younga

Metoda	Wzór
Siecznej	$E = \frac{8\Delta F l_{0p}^3}{6\Delta \Pi d_0^4}$
Regresji liniowej	$E = \frac{8l_{0p}^3}{6\Pi d_0^4} \frac{n\sum l_i F_i - \sum l_i \sum F_i}{n\sum l_i^2 - (\sum l_i)^2}$

13.4.3. Przekrój pierścieniowy

13.4.3.1. Naprężenia

$$\sigma = \frac{8l_{0p} F}{\Pi d_0^3}$$

13.4.3.2. Wydłużenie względne

$$\varepsilon = \frac{6d_0\Delta l}{l_{0p}^2}$$

13.4.3.3. Moduł Younga

Metoda	Wzór
Siecznej	$E = \frac{8\Delta F l_{0p}^3}{6\Delta \Pi d_0^4}$
Regresji liniowej	$E = \frac{8l_{0p}^3}{6\Pi d_0^4} \frac{n\sum l_i F_i - \sum l_i \sum F_i}{n\sum l_i^2 - (\sum l_i)^2}$

13.5. Próba gięcia 4-punktowego

13.5.1. Przekrój prostokątny

13.5.1.1. Naprężenia

$$\sigma = \frac{3l_A F}{b_0 a_0^2}$$

13.5.1.2. Wydłużenie względne

$$\varepsilon = \frac{12a_0 \Delta l}{(3l_{0p}^2 - 4l_A^2)}$$

13.5.1.3. Moduł Younga

Metoda	Wzór
Siecznej	$E = \frac{l_A (3l_{0p}^2 - 4l_A^2) \Delta F}{4 \Delta l b_0 a_0^3}$
Regresji liniowej	$E = \frac{l_A (3l_{0p}^2 - 4l_A^2)}{4 b_0 a_0^3} \frac{n \sum l_i F_i - \sum l_i \sum F_i}{n \sum l_i^2 - (\sum l_i)^2}$

13.5.2. Przekrój kołowy

13.5.2.1. Naprężenia

$$\sigma = \frac{16l_A F}{\Pi d_0^3}$$

13.5.2.2. Wydłużenie względne

$$\varepsilon = \frac{12d_0 \Delta l}{(3l_{0p}^2 - 4l_A^2)}$$

13.5.2.3. Moduł Younga

Metoda	Wzór
Siecznej	$E = \frac{4 \Delta F (3l_{0p}^2 - 4l_A^2) l_A}{3 \Delta l \Pi d_0^4}$

Regresji liniowej	$E = \frac{4(3l_{0p}^2 - 4l_A^2)l_A}{3\Pi d_0^4} \frac{n \sum l_i F_i - \sum l_i \sum F_i}{n \sum l_i^2 - (\sum l_i)^2}$
--------------------------	--

13.5.3. Przekrój pierścieniowy

13.5.3.1. Naprężenia

$$\sigma = \frac{16l_A d_a F}{\Pi(d_a^4 - d_i^4)}$$

13.5.3.2. Wydłużenie względne

$$\varepsilon = \frac{12d_a \Delta l}{(3l_{0p}^2 - 4l_A^2)}$$

13.5.3.3. Moduł Younga

Metoda	Wzór
Siecznej	$E = \frac{4(3l_{0p}^2 - 4l_A^2)\Delta F l_A}{3\Delta \Pi(d_a^4 - d_i^4)}$
Regresji liniowej	$E = \frac{4(3l_{0p}^2 - 4l_A^2)l_A}{3\Pi(d_a^4 - d_i^4)} \frac{n \sum l_i F_i - \sum l_i \sum F_i}{n \sum l_i^2 - (\sum l_i)^2}$

13.6. Próba Evansa

13.6.1. Odporność na kruche pękanie

$$K_{Ic} = Y \frac{3Fl_{0p}}{2b_0 a_0^2} \sqrt{c}$$

$$Y = 1,93 - 3,07 \left(\frac{c}{a_0} \right) + 13,66 \left(\frac{c}{a_0} \right)^2 - 23,98 \left(\frac{c}{a_0} \right)^3 + 25,22 \left(\frac{c}{a_0} \right)^4$$

13.7. Próba cykliczna

13.7.1. Obciążanie siłą

13.7.1.1. Współczynnik odkształceń

$$D = \frac{\varepsilon_{el}}{\varepsilon_{tot}}$$

13.7.1.2. Retardacja

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$$

Gdzie:

ε_1 – odkształcenie wywoływaneadaną siłą przed rozpoczęciem próby (cyklu)

ε_2 – odkształcenie wywoływaneadaną siłą po zakończeniu próby (cyklu)

13.7.2. Obciążanie odkształceniem

13.7.2.1. Redukcja siły

$$bw = \frac{F_{1.3} - F_{N.3}}{F_{1.3}}$$

Gdzie:

$F_{1.3}$ – siła zarejestrowana na początku odpuszczenia w pierwszym cyklu

$F_{N.3}$ – siła zarejestrowana na początku odpuszczenia w cyklu, którego dotyczą obliczenia

13.7.2.2. Relaksacja

$$\Delta F = F_1 - F_2$$

Gdzie:

F_1 – siła wywołująca zadane odkształcenie przed rozpoczęciem próby (cyklu)

F_2 – siła wywołująca zadane odkształcenie po zakończeniu próby (cyklu)