

Załącznik nr 2 do wniosku
o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

Roland Pawliczek

AUTOREFERAT
dotyczący osiągnięć w pracy
naukowo-badawczej, dydaktycznej i organizacyjnej

Opole, 23.04.2019

1. Imię i nazwisko:

Roland PAWLICZEK

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej:

1993 – Dyplom magistra inżyniera na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn, Wyższa Szkoła Inżynierska w Opolu, specjalność: Technologia Maszyn.

Temat pracy magisterskiej: *“Weryfikacja doświadczalna wybranych modeli wieloosiowego zmęczenia tworzyw konstrukcyjnych”*.

Promotor: dr inż. Henryk Achtelik, Wydział Mechaniczny Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Opolu.

2001 – Stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn.

Tytuł rozprawy: *“Badanie wpływu parametrów obciążenia i geometrii karbu na trwałość przy zmiennym zginaniu i skręcaniu”*.

Promotor: dr hab. inż. Grzegorz Gasiak, Prof. PO, Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny.

Recenzenci: prof. dr hab. inż. Ewald Macha (Politechnika Opolska), dr hab. inż. Artur Blum (Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie), dr hab. inż. Jerzy Kaleta (Politechnika Wroclawska)

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

1993 – 1996: Wyższa Szkoła Inżynierska w Opolu, Wydział Mechaniczny, Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn, stanowisko: asystent.

1996 – 2001: Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny, Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn, stanowisko: asystent.

2001 – nadal: Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny, Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn, stanowisko: adiunkt.

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)

Osiągnięciem naukowym wynikającym z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.) stanowiącym istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej *Mechanika*, jest monotematyczny cykl publikacji związanych z *badaniami zmęczeniowymi materiałów poddanych obciążeniom blokowym, dla których współczynnik asymetrii cyklu nie jest wartością stałą i zmienia się w poszczególnych sekwencjach bloku obciążającego element konstrukcji.*

Na przedstawiony cykl składa się 9 artykułów: 5 publikacji cytowanych JCR (Web of Science, sumaryczny IF=3,96), 2 publikacje punktowane z listy B MNiSW, 1 publikacja w recenzowanym wydawnictwie konf. o zasięgu międzynarodowym, 1 publikacja w recenzowanym wydawnictwie konf. o zasięgu krajowym. Z wymienionych publikacji 5 jest własnego autorstwa (2 z JCR, 2 z listy B MNiSW).

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego oraz zestawienie powiązanych tematycznie prac stanowiących podstawę pracy habilitacyjnej

Cykl publikacji będący podstawą pracy habilitacyjnej jest opisany jako

„Uwzględnienie składowej statycznej przy zginaniu dla zmęczeniowych obciążeń blokowych”

W Tabeli 1 zestawiono wykaz najistotniejszych prac własnych i współautorskich powiązanych tematycznie, które stanowią monotematyczny cykl opracowań dotyczących prezentowanego dorobku.

Tabela 1. Zestawienie powiązanych tematycznie publikacji stanowiących podstawę pracy habilitacyjnej

1.	Pawliczek R. , Evaluation of fatigue damage degree for specimens made of S355J0 steel subjected to bending block loads with mean load value, AIP Conference Proceedings 2028, 020015 (2018), doi: 10.1063/1.5066405 <i>udział własny: 100%</i> <i>IF: brak</i> <i>punkty MNiSW: brak</i>
2.	Pawliczek R. , Lachowicz C.T., Modeling of the stress-strain relationship for specimens made of S355J0 steel subjected to bending block loading with mean load, Fracture and Structural Integrity, Vol. 42 (2017), pp 30-39, DOI: 10.3221/IGF-ESIS.42.04 <i>udział własny: 75%</i> <i>IF: 0,49</i> <i>punkty MNiSW: 4, wykaz B</i> Mój wkład w artykule polegał na opracowaniu własnego algorytmu obliczeniowego do analizy stanu wyczerpania materiału, przygotowaniu danych eksperymentalnych do obliczeń, wykonaniu analizy porównawczej obliczeń według proponowanego modelu i danych opracowanych przez współautora artykułu. Opracowałem dokument od strony edytorskiej.
3.	Pawliczek R. , Evaluation of fatigue life of specimens made of S355J0 steel under block loading with mean value, AIP Conference Proceedings 1780, 020006 (2016), doi: 10.1063/1.4965938 <i>udział własny: 100%</i> <i>IF: 0,28</i> <i>punkty MNiSW: brak</i>

4.	<p>Pawliczek R., Prażmowski M., Study on material property changes of mild steel S355 caused by block loads with varying mean stress, International Journal of Fatigue, Vol. 80, November 2015, pp 171-177 <i>udział własny: 60%</i> <i>IF: 2,162</i> <i>punkty MNiSW: 40, wykaz A</i></p> <p>Mój wkład w artykule polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji artykułu, opracowaniu części teoretycznej, przygotowaniu i wykonaniu badań zmęczeniowych oraz analizie ich wyników, przeprowadzeniu i analizie badań porównawczych w próbie statycznego rozciągania. Opracowałem również manuskrypt w zakresie przeprowadzonych badań i analiz.</p>
5.	<p>Pawliczek R., Influence of the mean load value in fatigue block loading on strains, Key Engineering Materials Vol. 598 (2014), pp 195-200, Trans Tech Publications, Switzerland <i>udział własny: 100%</i> <i>IF: 0,41</i> <i>punkty MNiSW: 8, wykaz B</i></p>
6.	<p>Pawliczek R., Wpływ wartości średniej w obciążeniach blokowych na kształt pętli histerezy przy zginaniu próbek ze stali S355, Przegląd Mechaniczny, Nr 2, 2013, s. 32-36 <i>udział własny: 100%</i> <i>IF: brak</i> <i>punkty MNiSW: 5, wykaz B</i></p>
7.	<p>Pawliczek R., Kluger K., Influence of irregularity coefficient of loading on calculated fatigue life, Journal of Theoretical and Applied mechanics, Vol 51, No. 4, 2013, pp. 791-798 <i>udział własny: 50%</i> <i>IF: 0,62</i> <i>punkty MNiSW: 15, wykaz A</i></p> <p>Mój wkład w artykule obejmował opracowanie koncepcji artykułu, generację przebiegów czasowych naprężeń o różnych wartościach współczynnika stałości obciążenia, opracowanie graficzne i analizę wyników obliczeń symulacyjnych oraz edycję manuskryptu.</p>
8.	<p>R. Pawliczek, C.T. Lachowicz, The mean stress effect on fatigue behavior of constructional steels subjected to variable amplitude bending, 2nd International Conference on Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading, Eds C.M.Sonsino and P.C McKeighan, DVM, Berlin, 2009, pp. 1095-1102 <i>udział własny: 50%</i> <i>IF: brak</i> <i>punkty MNiSW: brak</i> <i>(artykuł w recenzowanych wydawnictwach konferencji o zasięgu międzynarodowym)</i></p> <p>Mój wkład w artykule polegał na opisie procedury badań, wykonaniu badań eksperymentalnych oraz przeprowadzeniu analizy porównawczej z wynikami obliczeń uzyskanymi od współautora. Opracowałem również dokument od strony edytorskiej.</p>
9.	<p>Pawliczek R., Trwałość zmęczeniowa próbek ze stali 18G2A w warunkach blokowych obciążeń zginających z wartością średnią, Zeszyty Naukowe Politechniki Opolskiej Nr 305/2005, Mechanika Z. 83., Opole 2005, ss. 167-174 <i>udział własny: 100%</i> <i>IF: brak</i> <i>punkty MNiSW: brak</i> <i>(artykuł w recenzowanych wydawnictwach konferencji ogólnokrajowej)</i></p>

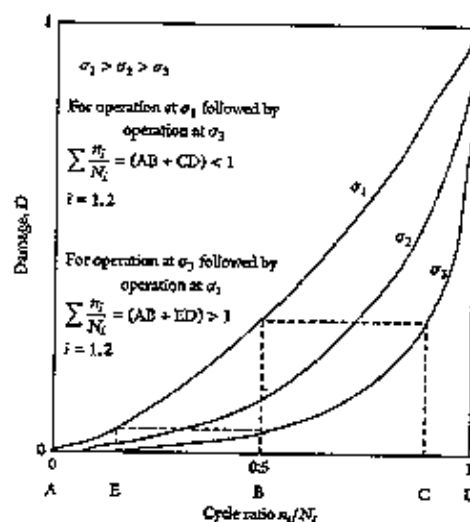
4.2. Omówienie celu naukowego w/w pracy/prac i osiągniętych wyników, wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

4.2.1. Omówienie przesłanek podjęcia tematu pracy i celów naukowych

Zjawisko zmęczenia materiałów wskazywane jest jako główna przyczyna powstawania uszkodzeń prowadzących do zniszczenia elementów konstrukcji pozostających pod wpływem obciążeń zmiennych w czasie. Zmiany obciążeń w elementach konstrukcyjnych wynikają z charakteru ich pracy, np. cykliczny ruch manipulatorów, powtarzalne sekwencje pracy dźwigów czy koparek, starty i lądowania samolotów, obciążenie statków wywołane falami na morzu. Pomimo tego, iż zjawisko zmęczenia zostało zdefiniowane już dawno, to literatura nie wskazuje uniwersalnych modeli opisujących kompleksowo to zjawisko. Związane jest to z faktem, iż zachowanie się materiału w warunkach obciążeń zmęczeniowych zależy od wielu czynników począwszy od rodzaju materiału konstrukcyjnego poprzez geometrię elementów konstrukcyjnych, przeprowadzonych procesów

technologicznych na warunkach obciążenia elementu kończąc. Z tego względu badania naukowe zwykle koncentrują się na wybranych aspektach zmęczenia materiału czy konstrukcji przy ściśle zdefiniowanych pozostałych parametrach. Dla elementu konstrukcji o zadanej geometrii i rodzaju materiału o zniszczeniu materiału decydują warunki obciążenia: obciążenie jednoosiowe lub wieloosiowe, cyklicznie zmienne lub losowe. Jednym z istotnych parametrów obciążenia jest jego wartość średnia. Obciążenie średnie wynika z ciężaru samego elementu konstrukcji lub też z zadań pełnionych przez maszyny. Na przykład urządzenia transportowe jak pojazdy czy przenośniki, gdzie wartość średnia obciążenia wynika z ciężaru transportowanego elementu, materiału sypkiego. Dotyczy to także transportu osób. Na te obciążenia statyczne nakładają się później składowe zmienne wynikające z drgań w ruchu lub cyklicznie wykonywanych operacji (np. praca koparki, gdzie łyżka w cyklu pracy przemiennie jest napełniana i opróżniana). Wartość średnia obciążenia przyspiesza rozwój uszkodzeń zmęczeniowych, stąd też w algorytmach obliczeniowych określa się relację pomiędzy obciążeniem średnim a dopuszczalną amplitudą składowej zmiennej obciążenia. Do tego celu najczęściej wykorzystuje się tzw. wykres Higha opisujący relację pomiędzy amplitudą naprężenia i wartością średnią naprężenia $\sigma_a = f(\sigma_m)$. Modele matematyczne opisujące tę zależność pozwalają na wyznaczenie naprężeń ekwiwalentnych, które odnosi się do referencyjnych charakterystyk zmęczeniowych uzyskiwanych w standaryzowanych testach laboratoryjnych. Szeroko stosuje się np. równania: Goodmana, Gerbera, Morrowa, Smitha-Watsona-Toppera (tzw. parametr energetyczny). Publikacje w tym obszarze wskazują jednak, że modele te zasadniczo zdefiniowane są dla obciążeń na poziomie granicy zmęczenia i nie powinny być przenoszone na zakres obciążeń niskocyklowych. Stąd też proponowane są uogólnienia na zakres niskocyklowy poprzez wprowadzenie współczynników korygujących do charakterystyk określanych właśnie dla zakresu niskocyklowego.

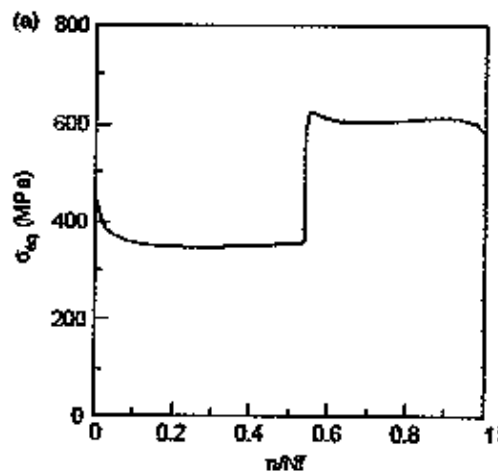
Problem badań laboratoryjnych dotyczy ich odniesienia do obciążeń eksploatacyjnych konstrukcji. Określanie charakterystyk referencyjnych odbywa się najczęściej dla stałopłudowych przebiegów obciążenia. Tymczasem rzeczywiste konstrukcje pracują w warunkach zmiennych parametrów obciążenia (np. amplituda i wartość średnia). Literatura w tym przedmiocie wskazuje wpływ zmian parametrów obciążenia na intensywność i przebieg zjawisk zmęczeniowych, gdzie wykazano, że kolejność obciążenia (historia obciążenia) powoduje zmiany w sposobie kumulacji uszkodzeń zmęczeniowych (np. teoria Marco-Starkeya, Rys.1).



Rys. 1. Schematyczne ujęcie teorii Marco-Starkey'a

Marco S.M., Starkey W.L., A concept of fatigue damage, Transactions of the ASME, vol. 76, pp. 627–632 (1954)

Istotne stało się poznanie wpływu historii naprężenia na trwałość zmęczeniową – badania w tym obszarze prowadzi się dla elementów konstrukcyjnych, gdzie obciążenie realizowane jest w ramach bloków, przy czym każdy z nich cechuje się innymi wartościami np. amplitudy naprężenia (Rys. 2).



Rys. 2. Obciążenia blokowe typu „two stage”

Chen X., Jin D., Kim K.S., *Fatigue life prediction of type 304 stainless steel under sequential biaxial loading*, *Int. J. of Fatigue*, Vol. 28, 2006, pp 289-299

W takim przypadku konieczna staje się analiza zmian w relacji obciążenie-uszkodzenie gdyż wskazuje się, że wpływ kolejnego bloku obciążenia jest uzależniony od kroku poprzedniego. Szereg prac badawczych opiera się na analizie zjawiska umocnienia lub osłabienia materiału w kolejnych blokach. Metody te bazują na teorii sprężystości i plastyczności i zwykle wymagają złożonych obliczeń.

Analiza literatury w obszarze obciążeń blokowych wykazała, że problem pojawiających się obciążeń średnich o zmiennych wartościach w kolejnych blokach obciążenia jest słabo rozpoznany i trudno jest znaleźć publikacje prezentujące tego rodzaju wyniki. Również spośród ośrodków naukowo-badawczych w Polsce nie znaleziono badań, które ujmowałyby to zagadnienie w sposób kompleksowy. Stąd też celowym jest podjęcie tego typu badań, tym bardziej, że w swym charakterze odpowiadają one obciążeniom eksploatacyjnym maszyn.

Zakres badań własnych ukierunkowany został na ocenę zmian w trwałości wybranych materiałów konstrukcyjnych poddanych obciążeniom blokowym, gdzie przedmiotem badań jest wpływ sekwencji narastających i malejących wartości średnich obciążenia w kolejnych blokach na przebieg zjawisk zmęczeniowych.

Opierając się na wynikach przeglądu literatury w obszarze analizy zjawiska zmęczenia materiałów i konstrukcji w warunkach obciążeń blokowych z udziałem wartości średniej obciążenia sformułowano następujące cele naukowe:

1. Analiza wpływu obciążeń blokowych ze zmiennymi wartościami współczynnika asymetrii cyklu na trwałość zmęczeniową;
2. Analiza deformacji wywołanych tego typu obciążeniami;
3. Rozszerzenie algorytmicznych metod oceny wytrzymałości materiału na obciążenia blokowe ze zmiennymi wartościami średnimi.

4.2.2. Omówienie osiągniętych wyników oraz ich ewentualnego wykorzystania

Zakres działań służących realizacji założonych celów naukowych został podzielony na następujące grupy tematyczne:

I. Wstępne badania zmęczeniowe w warunkach obciążeń blokowych ze zmiennymi wartościami współczynnika asymetrii cyklu historii obciążenia w bloku

W ramach tego etapu badań określono warunki przeprowadzenia badań, zdefiniowano strukturę bloku obciążenia. Przedstawione zostaną wyniki badań zmęczeniowych określające trwałość zmęczeniową materiału. Pozwoliło to przedstawić ogólny opis zjawiska zmęczenia materiałów i konstrukcji poddanych obciążeniom będących przedmiotem badań.

II. Badania relacji obciążenie - odkształcenie

W ramach tego etapu przeprowadzono pomiary obciążenia wraz z odpowiedzią materiału w postaci odkształceń. Zarejestrowane przebiegi czasowe pozwoliły przeanalizować zmiany w pętłach histerezy w poszczególnych cyklach obciążenia.

III. Opracowanie algorytmu oceny wyteżenia w warunkach obciążeń blokowych

Etap zawiera procedurę analizy wyteżenia konstrukcji poprzez rozszerzenie metod algorytmicznych na przypadek obciążeń blokowych ze zmiennymi wartościami współczynnika asymetrii cyklu w poszczególnych blokach obciążenia. Przeprowadzono również analizę kumulacji uszkodzeń zmęczeniowych na podstawie badań eksperymentalnych.

IV. Wnioski dotyczące wkładu habilitanta w dyscyplinie naukowej *Mechanika*

W rozdziale zawarto podsumowanie wyników badań, przedstawiono najważniejsze wnioski oraz wskazano potencjalne obszary badań rozwijających analizowane zagadnienie.

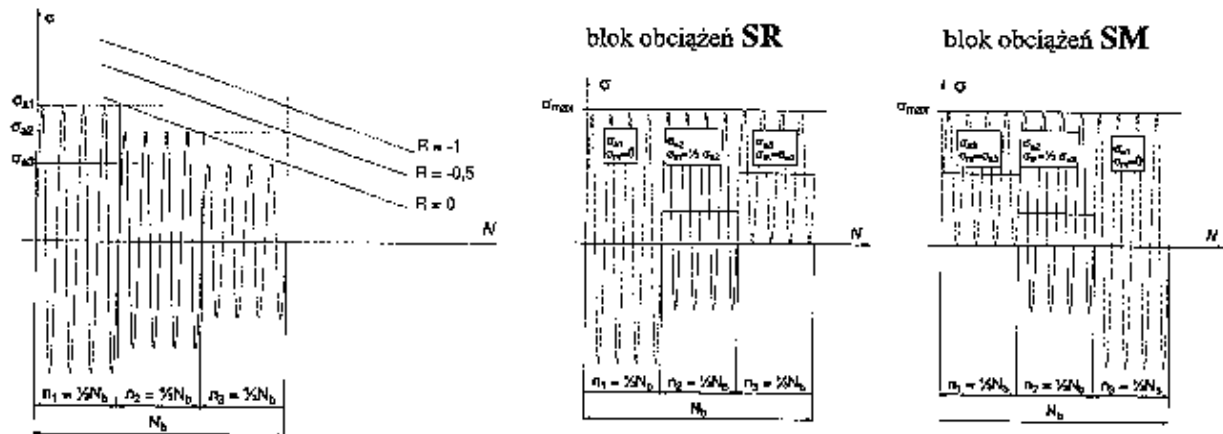
I. Wstępne badania zmęczeniowe w warunkach obciążeń blokowych ze zmiennymi wartościami współczynnika asymetrii cyklu historii obciążenia w bloku

Przegląd literatury w obszarze badań zmęczeniowych w warunkach obciążeń blokowych wykazał, że problem ten jest najczęściej rozważany dla sposobu obciążenia określanego jako *obciążenia dwustanowe (two-stage loads)*, gdzie występują dwa bloki obciążenia wypełniające cały czas życia badanych próbek (do zniszczenia). Analizuje się wpływ wartości amplitudy naprężenia, przy czym różnią się one pomiędzy sobą tworząc sekwencje obciążeń Lo-Hi lub Hi-Lo. Generalnie wskazuje się, że zmiana obciążenia z poziomu niższego na wyższy (Lo-Hi) jest bardziej niekorzystna dla materiału i powoduje szybsze zniszczenie niż przy wyższych obciążeniach w pierwszej fazie tego typu badań (Hi-Lo). Wskazuje się również, że duże znaczenie ma poziom obciążeń w którym dominujące są deformacje plastyczne, przy czym zakłada się stabilność własności zmęczeniowych materiału. W przedmiotowej literaturze nieliczne są wyniki badań w tych warunkach, które odnosiłyby się do uwzględnienia wartości średniej obciążenia w badaniach zmęczeniowych materiałów metalowych. Zwykle algorytmy obliczeniowe odnoszą się do teorii sprężystości i plastyczności oraz wymagają analizy zjawiska umocnienia materiału. Są to metody złożone i wymagają zwykle skomplikowanych obliczeń i są obciążone trudnościami w określeniu licznych parametrów definiujących właściwości materiału.

Stwierdzono również, że dla tego typu badań nie ma określonych zaleceń, które ujednoliciłyby procedury badań. Z tego powodu przyjęto, że warunki badań zostaną określone na podstawie standardowych charakterystyk zmęczeniowych dla obciążeń cyklicznych z udziałem wartości średniej.

W pracy [9] (Tabela 1) zaproponowano określenie obciążeń blokowych w oparciu o standardowe charakterystyki zmęczeniowe uzyskane przy obciążeniach stałoamplitudowych dla współczynników asymetrii cyklu równych odpowiednio $R=-1$; $-0,5$; 0 .

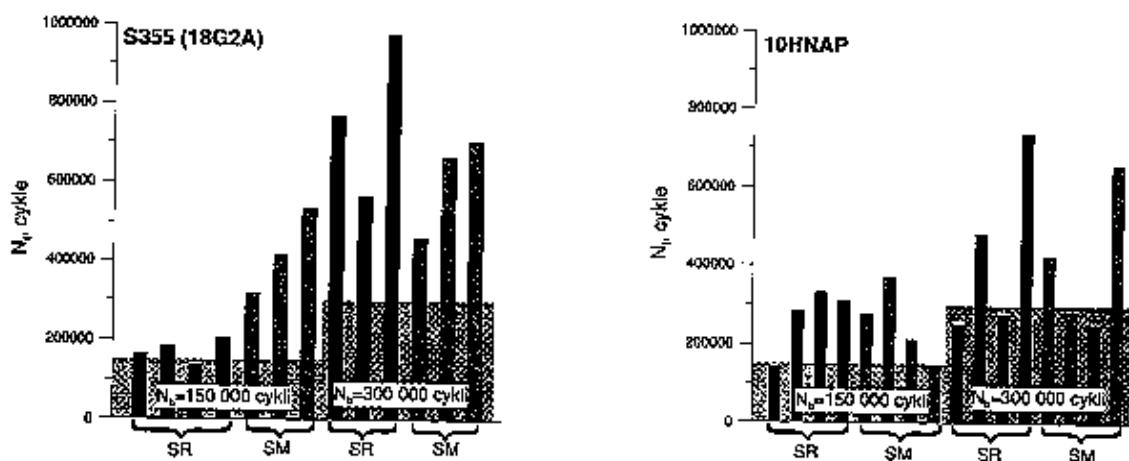
Zdefiniowano blok obciążenia (Rys. 3) składający się z trzech sekcji o stopniowo narastających i malejących wartościach średnich obciążenia. Przyjęto, że badania będą prowadzone dla ustalonej wartości maksymalnej obciążenia. Badania przeprowadzono w warunkach obciążeń zginających dla stali S355 (18G2A) oraz 10HNAP oraz uzupełniająco dla stopu aluminium AlCu4MgSi.



Rys. 3. Bloki obciążenia do badań zmęczeniowych dla zmiennych wartości współczynnika symetrii cyklu w bloku: SR – ścieżka rosnącej wartości średniej, SM – ścieżka malejącej wartości średniej [8, 9]

Taki sposób obciążenia pozwala określić wpływ kolejności zmiany współczynnika asymetrii cyklu, a co za tym idzie narastania lub zmniejszania się wartości średniej obciążenia w jednym cyklu. Przyjmując różne długości bazowe N_b bloku możliwe jest porównanie wyników eksperymentu na różnych poziomach obciążenia. Blok obciążenia określony jak na Rys. 3 powtarzano do momentu uzyskania zniszczenia próbki.

Wstępne wyniki badań zmęczeniowych dla stali S355 i 10HNAP oraz ich analizę przedstawiono w pracach [8, 9] (Tabela 1). Uzyskano ogólną ocenę zachowania się materiału w warunkach obciążeń blokowych z narastającymi i zmniejszającymi się wartościami średnimi w bloku obciążenia (Rys. 4). Porównując liczbę cykli do zniszczenia dla badanych długości bazowych można zauważyć, że stal S355 wykazała większą wrażliwość na sposób obciążenia i różnica w trwałościach jest 2-krotna dla $N_b=150 \cdot 10^3$ cykli i sposobów obciążenia odpowiednia SR i SM. W przypadku dłuższych bloków, a co za tym idzie niższych poziomów obciążenia, sposób obciążenia (typu SR czy SM) nie ma znaczenia i uzyskiwane rezultaty są podobne.

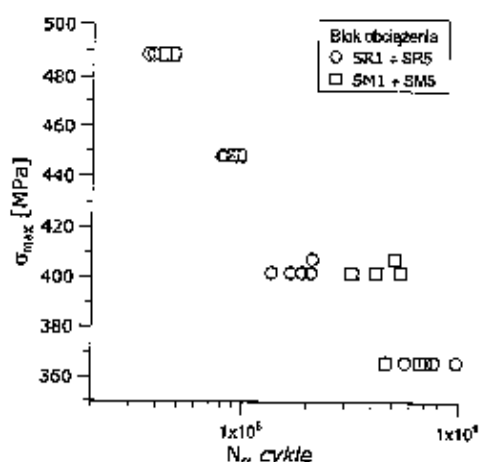


Rys. 4. Wyniki badań zmęczeniowych dla bazowych długości bloku $N_b = 150 \cdot 10^3$ i $N_b = 300 \cdot 10^3$ cykli [8]

Przeprowadzone dla tych badań szacowanie trwałości zmęczeniowej z zastosowaniem standardowych algorytmów obliczeniowych [8, 9] (Tabela 1) dawało zawyżone wyniki trwałości obliczeniowej w stosunku do wyników badań eksperymentalnych. Dodatkowo należy pamiętać o tym, że algorytmy obliczeniowe dla obciążeń stałoaamplitudowych nie uwzględniają wpływu kolejności występowania poszczególnych bloków obciążenia dając te same rezultaty w szacowaniu trwałości niezależnie od typu obciążenia SR czy SM (Rys. 3).

Wyniki badań wskazują, że dla większej liczby cykli w bloku bazowym ($N_b=300 \cdot 10^3$ cykli) wpływ kolejności zmian wartości obciążenia średniego zasadniczo nie wpływa na różnicę w uzyskiwanych trwałościach zmęczeniowych. Większe różnice zauważalne są dla wyższych poziomów obciążenia. W tym przypadku zauważono, że blok obciążenia, w którym współczynnik asymetrii cyklu w pierwszej sekcji wynosi $R = -1$ zmniejsza trwałość zmęczeniową w stosunku do obciążeń dla których współczynnik $R = 0$ występuje na początku bloku.

Wyniki badań zmęczeniowych dla stali S355 rozszerzone do obciążeń o nominalnej wartości naprężeń maksymalnych $\sigma_{max} = 488$ MPa przedstawiono w pracy [1] (Tabela 1), co pokazano na Rys. 5.



Rys. 5. Wyniki badań zmęczeniowych w warunkach obciążeń blokowych dla stali S355 [1]

Cechą charakterystyczną jest to, że od poziomu naprężeń około 400 MPa wyraźnie widoczna jest wyższa trwałość zmęczeniowa dla bloków obciążenia oznaczonych jako SM, przy czym dla wyższych obciążeń różnica ta jest niewielka. Wskazywać to może, że obciążenie jest tak duże, iż efekty umocnienia widoczne na poziomie naprężenia 400 MPa nie są w stanie długo blokować rozwoju zainicjowanych deformacji w materiale.

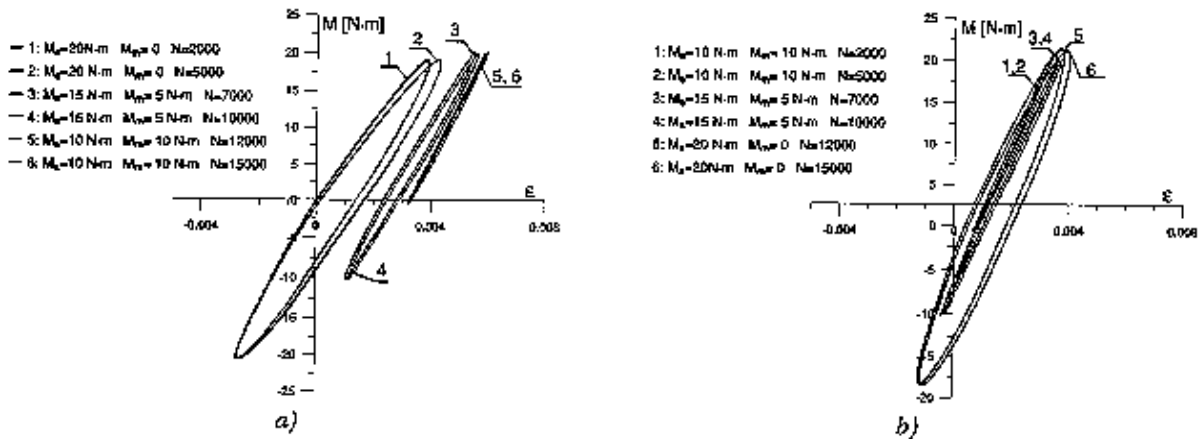
W pracy [7] (Tabela 1) wykazano, że algorytmy szacowania trwałości zmęczeniowej dla obciążeń z wartością średnią zależą silnie od współczynnika nieregularności przebiegu. Wyznaczony stopień uszkodzenia może się różnić kilkakrotnie jeżeli współczynnik ten spełnia warunek $I > 0,5$. W przypadku proponowanego sposobu obciążania próbek materiału wartość oczekiwana w bloku wynosi około $0,61 \cdot \sigma_{max}$, zaś wartość współczynnika $I=1$. Wynika stąd, że na wyniki obliczeń ma wpływ dobór modelu matematycznego transformacji amplitud ze względu na wartość średnią obciążenia.

II. Badania relacji obciążenie - odkształcenie

Wstępne badania pozwoliły określić obszar dokładniejszej analizy przy badaniu zmęczenia materiału w warunkach obciążeń losowych, które skoncentrowano na obciążeniach, dla których pojawiają się odkształcenia sprężysto-plastyczne. W pracach [4 – 6] (Tabela 1) testy laboratoryjne

poświęcono analizie odkształceń, a dokładniej, pętli histerezy relacji obciążenie-odkształcenie. Wykorzystano pomiary metodą tensometrii elektrooporowej z zastosowaniem autorskiego, dedykowanego oprogramowania monitorowania i rejestracji wyników pomiarów. Stanowiska zostało przygotowane według idei tzw. przyrządów wirtualnych, co stanowi nowoczesne podejście do problematyki badań eksperymentalnych i zostanie szerzej opisane w późniejszym rozdziale dotyczącym omówienia pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.

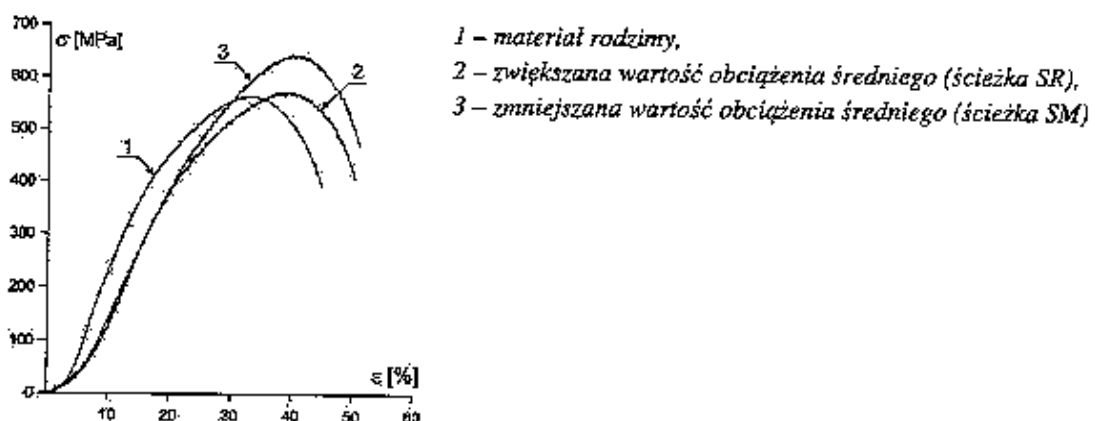
Przykładowe pętle histerezy zarejestrowane dla stali S355 przy ścieżkach obciążenia SR oraz SM przedstawiono odpowiednio na Rys. 5 i prezentują one charakterystyczne cechy uzyskiwane dla badanych przypadków. Bloki obciążenia zmieniano co $5 \cdot 10^3$ cykli.



Rys. 5. Pętle histerezy stali S355 przy obciążeniach blokowych: a) ścieżka SR, b) ścieżka SM [4]

Pomiary pętli histerezy dla każdego bloku obciążenia wykonano na początku i na końcu bloku ($N=2000$ i $N=5000$). Można zauważyć, że pętle, dla których wartość średnia naprężenia $\sigma_m=0$, gdzie amplituda naprężenia jest największa zaobserwować można efekt płynięcia, jednak nie jest on tak znaczący, zwłaszcza w pozostałych przypadkach. W przypadku ścieżki obciążenia z narastającą wartością średnią (Rys. 5a) można zauważyć wyraźnie zmiany położenia pętli histerezy przy zmianie wartości średniej w kolejnych sekwencjach bloku. Dla ścieżki obciążenia z malejącą wartością średnią można zauważyć zablokowanie pętli histerezy pomimo zmniejszania obciążenia średniego w kolejnych sekwencjach. Świadczy to o efektach umocnienia materiału. Szczegółowe analizy zamieszczono w pracach [4 – 6] (Tabela 1).

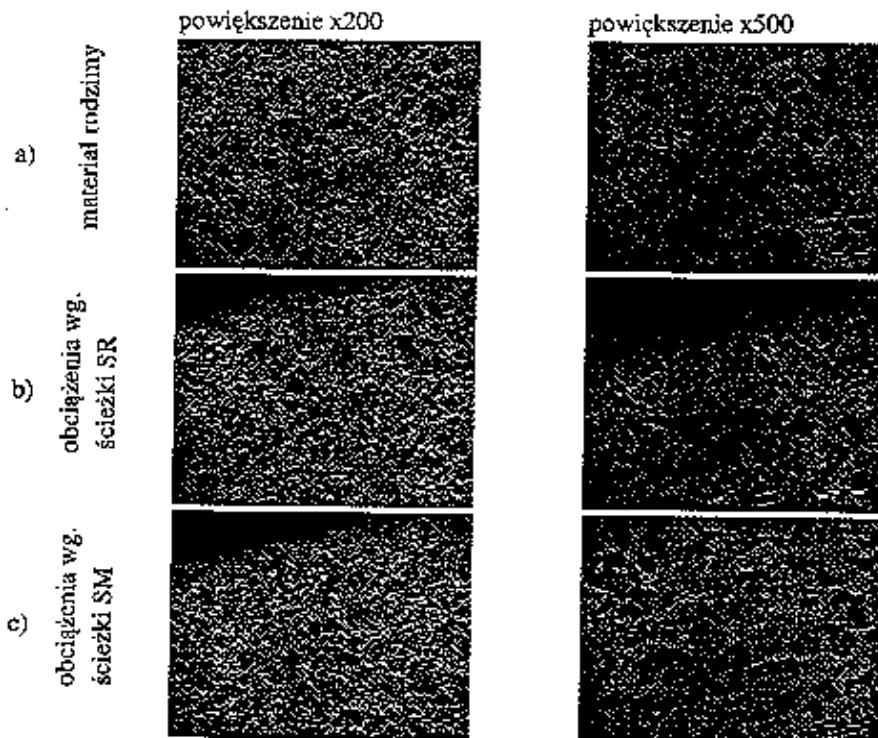
Wykonano również badania porównawcze własności wytrzymałościowych materiału poddanego obciążeniu pojedynczego bloku wykonując próbę rozciągania dla próbki w stanie wyjściowym oraz po jednym bloku obciążenia według ścieżek SM i SR (Rys. 6).



Rys. 6. Wykresy przy statycznym rozciąganiu próbek materiału [4]

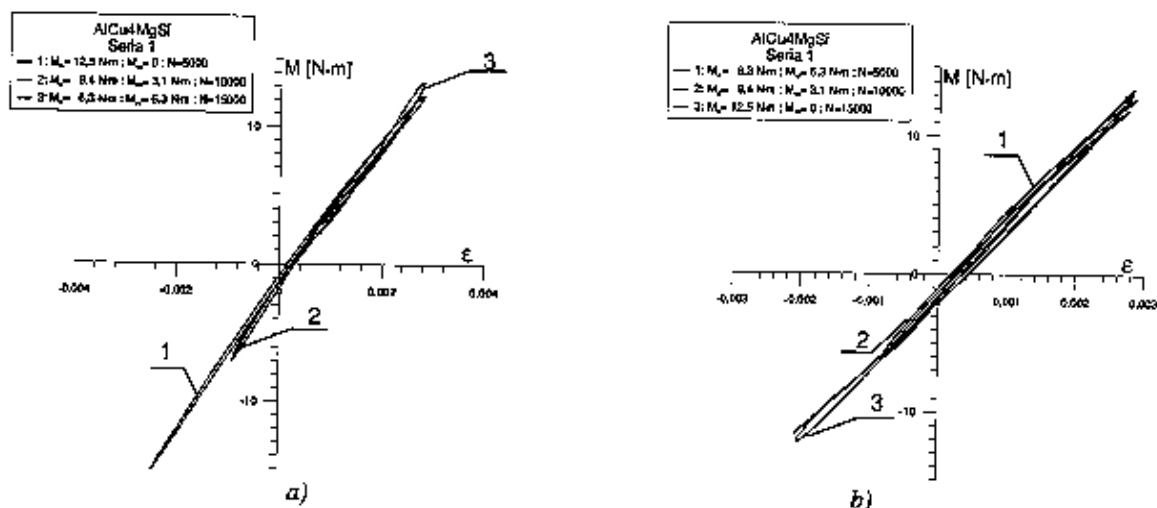
W odniesieniu do próbki w stanie wyjściowym, dla przypadku, gdy na początku bloku obciążenia występowała maksymalna wartość obciążenia średniego (krzywa 3 na rys. 6) zarejestrowano wzrost wartości wytrzymałości na rozciąganie R_m o około 15%, natomiast przy zwiększaniu wartości średniej w zakresie (krzywa 2 na rys.6) zmiany parametru R_m jest niewielka. Tę samą zależność zaobserwowano dla obciążenia w chwili zerwania. Jednocześnie dla obu badanych przypadków obciążenia stwierdzono wzrost wydłużenia całkowitego próbek.

W celu oceny, czy pojedynczy blok obciążenia na badanym poziomie generuje już mikropęknięcia wykonano analizę zglądu metalograficznego (Rys. 7), jednak nie zanotowano zauważalnych zmian w strukturze ani pęknięć.



Rys. 7. Struktura materiału: a) rodzimego, b) dla rosnących wartości średnich (ścieżka SR), c) dla malejących wartości średnich (ścieżka SM) [4]

Wykonano również badania porównawcze dla innej grupy materiałów na przykładzie stopu aluminium AlCu4MgSi (Rys. 8) [5] (Tabela 1).



Rys. 8. Wyniki badań dla stopu aluminium AlCu4MgSi: a) dla rosnących wartości średnich (ścieżka SR), b) dla malejących wartości średnich (ścieżka SM) [5]

W tym przypadku zarówno dla obciążeń blokowych przy zwiększającej się wartości średniej w bloku obciążenia (ścieżka SR) jak i przy zmniejszającej się wartości średniej o obciążenia (ścieżka SM) nie zaobserwowano efektów jak dla stali S355. Nie pojawiło się rozszerzenie pętli histerezy dla zwiększających się amplitud naprężenia jak również nie zaobserwowano efektu zmiany położenia pętli pod wpływem zmieniających się wartości średnich obciążenia. Jest to ciekawy efekt wskazujący na to, że nie można przyjąć arbitralnie jednej metody dla różnych gatunków materiału, co potwierdza podobne obserwacje dla efektu związanego z działaniem karbu dla stali i stopów aluminium. Zaobserwowana różnica w zachowaniu stopu aluminium powinna być przedmiotem oddzielnych badań.

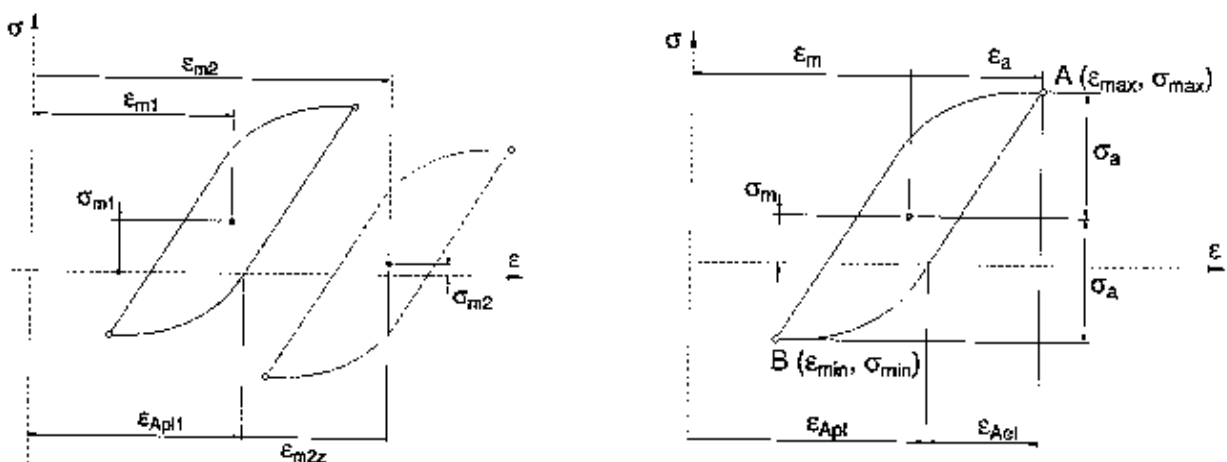
III. Opracowanie algorytmu oceny wyłączenia w warunkach obciążeń blokowych

Na podstawie oceny przebiegu zjawisk zmęczeniowych w materiale podanym obciążeniom blokowym z udziałem obciążeń o zmiennym współczynniku asymetrii cyklu przyjęto, że efekt płynięcia materiału jest pomijalnie mały a do obliczeń można przyjąć własności zmęczeniowe materiału jako stabilne. Proponowany algorytm oceny wyłączenia materiału w warunkach obciążeń blokowych z udziałem wartości średniej obciążenia oparto na modelu pętli histerezy z uwzględnieniem wartości średniej naprężenia.

Przedmiotowy algorytm jest tematem prac [1 – 3] (Tabela 1). Jako punkt wyjściowy przyjęto założenie, że po zmianie warunków obciążenia w bloku aktualny stan materiału jest punktem wyjściowym dla dalszej pracy, w związku z czym kolejne zmiany w materiale nie są odnoszone do stanu wyjściowego. Powoduje to, że nowe odkształcenia pojawiające się w materiale na skutek zwiększenia wartości średniej nie skutkują takimi uszkodzeniami, jak ich wartości w odniesieniu do stanu wyjściowego (Rys. 9a) [2] (Tabela 1).

W ogólnym przypadku po zmianie położenia pętli odkształcenia zmierzone jako ϵ_{m2} jest odkształceniem odnoszonym do stanu początkowego materiału. Jednak aby uwzględnić wcześniejszą historię obciążenia przyjęto, że punktem wyjściowym dla analizy odkształceń będzie poziom odkształceń trwałych po wcześniejszych blokach obciążenia. Stąd też do dalszej analizy brane pod uwagę jest odkształcenie oznaczone jako ϵ_{m2z} .

Przyjęto dodatkowo model pętli histerezy z literatury z oznaczeniami jak na Rys. 9b [2] (Tabela 1).



Rys. 9. a) interpretacja odkształcenia średniego przy zmianie warunków obciążenia w bloku obciążeń, b) model pętli histerezy z uwzględnieniem obciążenia średniego [2]

Uwzględniając rozważania przedstawione powyżej, zdefiniowano algorytm do obliczania historii naprężeń, w którym wszystkie kroki muszą być powtórzone dla każdej sekwencji w obciążeniu bloku dla całej zarejestrowanej historii czasu odkształcenia (Tabela 2).

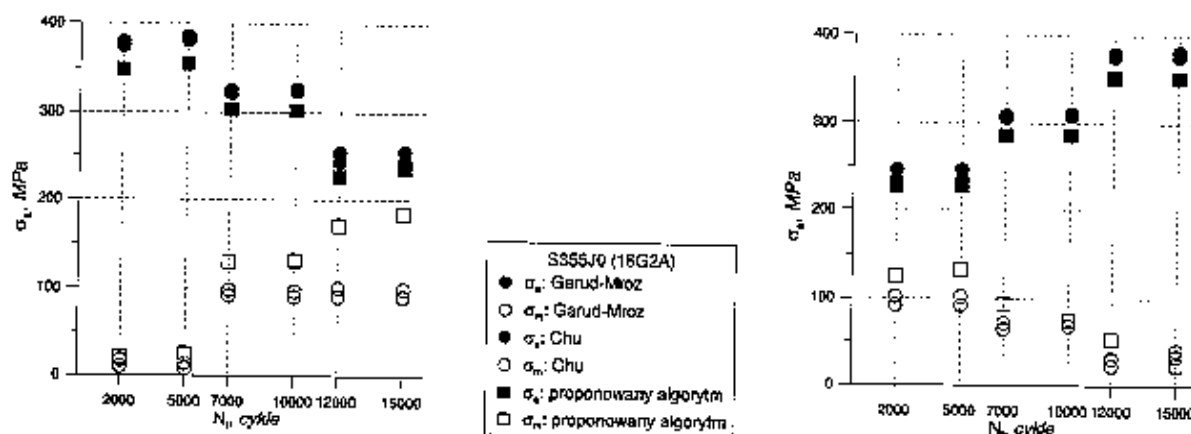
Wyznaczone wartości amplitudy naprężenia oraz wartość średnia mogą być podstawą do analizy stopnia uszkodzenia zmęczeniowego i szacowania trwałości zmęczeniowych w odniesieniu do standardowych charakterystyk zmęczeniowych.

Tabela 2. Algorytm oceny wyęczenia materiału [2]

1.	Dane wejściowe: ε_{\max} , ε_{\min} , ε_a , ε_m
2.	Obliczenie σ_{\max} dla danych K' oraz n' (*): $\varepsilon_a = \frac{\sigma_{\max}}{E} + \left(\frac{\sigma_{\max}}{K'} \right)^{\frac{1}{n'}}$
3.	Obliczenie ε_{Apl} : $\varepsilon_{\text{Apl}} = \varepsilon_{\max} - \frac{\sigma_{\max}}{E}$
4.	Obliczenie σ_a dla danych K' oraz n' : $\varepsilon_a = \frac{\sigma_a}{E} + \left(\frac{\sigma_a}{K'} \right)^{\frac{1}{n'}}$
5.	Obliczenie ε_{apl} : $\varepsilon_{\text{apl}} = \varepsilon_a - \frac{\sigma_a}{E}$
6.	Obliczenie naprężenia średniego σ_m : $\sigma_m = E(\varepsilon_{\text{miz}} + \varepsilon_{\text{ap}} - \varepsilon_{\text{Apl}})$
<i>i - odnosi się do kolejnej sekwencji obciążenia</i>	
7.	Parametry wyęczenia materiału (σ_a , σ_m)

(*) - niektórzy autorzy wskazują, że wartości współczynników K' i n' zależą od aktualnych wartości odkształcenia średniego ε_m . Wymaga to jednak dodatkowych badań do określenia funkcji $K' = f(\varepsilon_m)$ oraz $n' = f(\varepsilon_m)$.

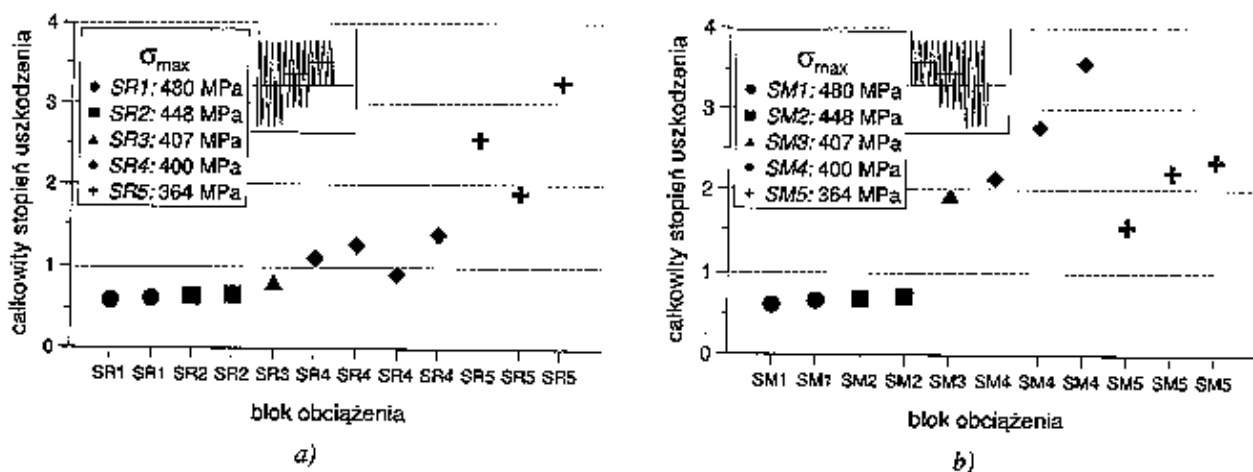
Rysunek 10 przedstawia wyniki oceny parametrów przebiegów czasowych naprężeń ekwiwalentnych. Wyznaczone zostały za pomocą proponowanego algorytmu oraz modeli bazujących na analizie sprężysto-plastycznej z uwzględnieniem zjawisk umocnienia występujących w materiale.



Rys. 10. Wyniki oceny parametrów przebiegów czasowych naprężeń ekwiwalentnych [2]

Porównując wszystkie analizowane modele można zauważyć, że amplituda naprężeń jest bardzo zbliżona dla wszystkich przypadków, jednak dla naprężenia średniego proponowany algorytm daje wyniki o wyższych wartościach: około 40% dla 7000 i 10000 cykli (druga sekwencja w obciążeniu blokowym) i 80% dla 12000 i 15000 cykli (trzecia sekwencja w obciążeniu blokowym). Będzie to generować wyższy poziom uszkodzeń - wówczas niższa, przewidywana trwałość zmęczeniowa zostanie obliczona dla takiej sekwencji obciążenia. Takie obserwacje są wskazane w badaniach.

Uzyskane wyniki badań pozwoliły również na analizę kumulowanych w materiale uszkodzeń [1] (Tabela 1). Na Rys. 11 przedstawiono całkowity stopień uszkodzenia kumulowanego podczas badań zmęczeniowych przy obciążeniach blokowych według ścieżek obciążenia zdefiniowanych jak na Rys. 3.

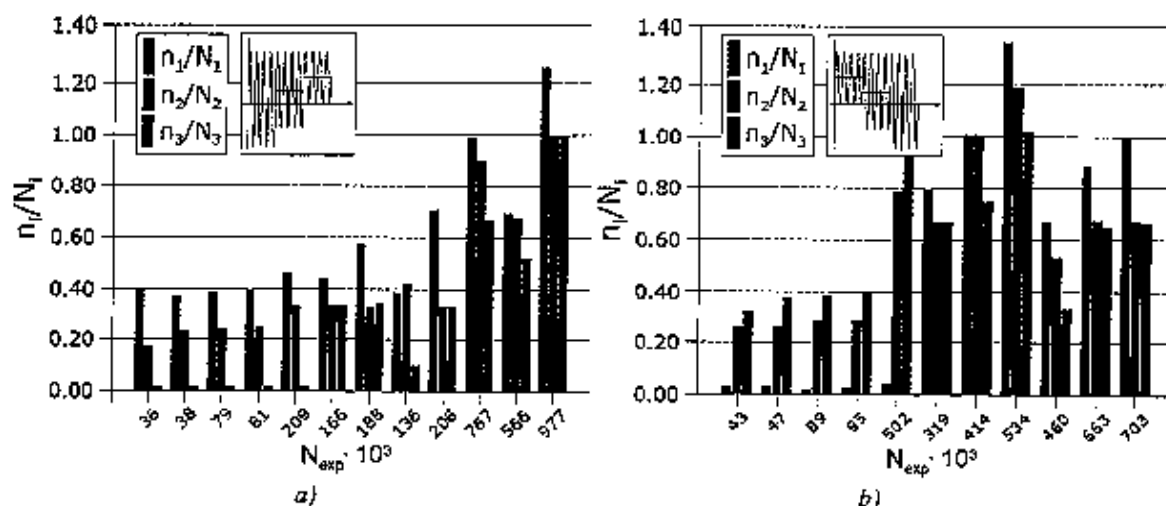


Rys. 11. Całkowity stopień uszkodzenia dla badań zmęczeniowych stali S355 [1]

W przypadku wyższych wartości maksymalnego naprężenia (SR1, SR2, SM1, SM2) trwałość zmęczeniowa materiału jest mniejsza niż wynikałoby to z liniowej reguły kumulacji uszkodzeń zmęczeniowych ($D < 1$). Siły wewnętrzne w materiale są tak duże, że materiał odpowiada bardzo podobnie niezależnie od ścieżki obciążenia. Efekty wzmocnienia materiału są krótkotrwałe. Dla ścieżek SM3 i SM4 zaobserwowano 2 do 3,5 razy większą trwałość zmęczeniową. W tym przypadku dodatkowa wartość średniego obciążenia na początku procesu zmęczenia wywołuje efekt wzmocnienia, który silnie wpływa na trwałość zmęczeniową.

Mniejsza wartość maksymalnego naprężenia (SR5 i SM5) nie powoduje różnicy między ścieżkami obciążenia, jednak trwałość zmęczeniowa jest około 2 do 3 razy wyższa niż wynikająca z liniowej reguły kumulacji uszkodzeń.

Dokonano również oceny wpływu poszczególnych sekcji w bloku obciążenia na kumulację uszkodzeń zmęczeniowych w materiale (Rys. 12). Można zauważyć, że w większości przypadków większe uszkodzenia zostały spowodowane przez sekwencje obciążenia dla $R = -1$ i $R = -0,5$. Wynika z tego, że w zastosowanych przypadkach obciążenia amplituda zmiennego obciążenia odgrywa większą rolę w generowaniu uszkodzeń zmęczeniowych niż wartość średnia.



Rys. 12. Udział poszczególnych sekwencji obciążeń w uszkodzeniu całkowitym D: a) ścieżka SR, b) ścieżka SM [1]

IV. Wnioski dotyczące wkładu habilitanta w dyscyplinie naukowej Mechanika

Podsumowując wyniki pracy naukowo-badawczej można sformułować następujące spostrzeżenia i wnioski dotyczące tematyki badań i uzyskanych rezultatów:

- podjęcie problematyki badań zmęczeniowych w warunkach obciążeń blokowych z uwzględnieniem efektów wywołanych obecnością obciążenia średniego jest zasadne wobec niewielkiej liczby opracowań naukowych w tym obszarze,
- wobec braku jednoznacznych zaleceń opracowano metodykę budowy programu badań bazujących na wynikach badań dla bazowych charakterystyk zmęczeniowych uzyskanych w warunkach obciążeń stałoamplitudowych dla ustalonych wartości współczynnika asymetrii cyklu R,
- obciążenia blokowe z wartością średnią zbliżają metody badawcze w odniesieniu do obciążeń eksploatacyjnych; zaprezentowane metody i wyniki mają charakter unikatowy, stanowią kompleksową ocenę zjawisk występujących w przypadku obciążeń opisanych w badaniach,
- wstępne badania zmęczeniowe wskazują, że wpływ wartości średniej i kolejność sekwencji obciążenia są bardziej istotne w przypadku wyższych obciążeń, które wywołują w materiale odkształcenia sprężysto-plastyczne,
- w ramach badań przeprowadzono zmian w relacji obciążenie-odkształcenie wykazując jednoznacznie, że asymetria cyklu wpływa na odpowiedź materiału i duże wartości średnie obciążenia pojawiające w początkowym okresie (na początku bloku) sprzyjają zjawiskom umocnienia materiału powodując uzyskiwanie wyższych trwałości zmęczeniowych,
- należy również zauważyć, że dla dużych wartości obciążenia efekt umocnienia jest krótkotrwały i różnice w uzyskiwanych trwałościach zmęczeniowych są znacznie mniejsze w porównaniu do niższych wartości obciążenia,
- w analizowanych przypadkach badań zmęczeniowych standardowe procedury obliczeniowe nie dają dobrych rezultatów szacowania trwałości zmęczeniowej, gdyż nie uwzględniają one wpływu kolejności bloków obciążenia na przebieg zjawisk zmęczeniowych w materiale,
- zaproponowano własne rozszerzenie algorytmu oceny wyczerpania materiału dla przypadku obciążeń blokowych, bazujący na założeniu, że w obliczeniach uwzględniany jest tylko zmiana odkształcenia średniego w poszczególnych częściach bloku obciążenia a nie jego wartość bezwzględna.

Przedstawione w opracowaniu autoreferatu badania naukowe nie wyczerpują zagadnienia badań zjawiska zmęczenia materiałów konstrukcyjnych w warunkach obciążeń blokowych z udziałem wartości średnich obciążenia. Stanowią one kompleksowy opis dla analizowanych typów obciążenia i są wskazówką dla toku postępowania w podobnych przypadkach.

W przyszłości badania powinny się koncentrować się na rozszerzeniu bazy materiałowej w celu weryfikacji ewentualnych ograniczeń co do stosowalności zaproponowanego algorytmu obliczeniowego.

Obciążenia blokowe z udziałem wartości średniej cechują się dużą liczbą parametrów opisujących warunki pracy obiektu jak: amplituda i wartość średnia, obciążenie maksymalne, stosunek długości poszczególnych sekwencji w bloku obciążenia. Daje to szeroki wachlarz definiowania warunków badań, przykładowo:

- rozszerzenie standardowych badań w warunkach obciążeń typu „two-stage” o uwzględnienie wartości średniej i uogólnienie modeli obliczeniowych dla tego typu obciążeń,
- przedmiotem badań może być analiza wpływu zmiennych wartości amplitudy obciążenia przy ustalonych wartościach średnich obciążenia dla całego zakresu badań trwałości zmęczeniowej lub też odwrotnie, dla ustalonej wartości amplitudy obciążenia zmienne wartości obciążenia średniego będą generować przebiegi o zmiennych wartościach maksymalnych w poszczególnych blokach obciążenia,
- badania przy kontrolowanych innych parametrach aniżeli tylko parametry obciążenia, np. gęstość energii rozpraszanej w materiale przy obciążeniach blokowych z udziałem wartości średniej,
- badania w warunkach złożonych obciążeń blokowych, np. bloki obciążeń zginających i skręcających czy rozciąganie-ściskanie ze skręcaniem.

Uzyskane wyniki badań będące rezultatem opisanej pracy naukowo-badawczej wskazują, że nie można przyjąć „a priori” iż nieco odmienne warunki obciążenia będą skutkowały podobnym zachowaniem się materiału. Stwarza to duże możliwości w formułowaniu problemów naukowo-badawczych w obszarze badań zmęczeniowych w warunkach obciążeń blokowych z udziałem obciążeń średnich.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych wnioskodawcy, świadczących o istotnej aktywności naukowej habilitanta:

Po ukończeniu studiów magisterskich i podjęciu pracy na Wydziale Mechanicznym, wówczas jeszcze Wyższej Szkoły Inżynierskiej, moja praca naukowa koncentrowała się wokół zagadnień wytrzymałości zmęczeniowej materiałów konstrukcyjnych przy udziale wartości średniej obciążenia. Badania zakończono uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn na Wydziale Mechanicznym Politechniki Opolskiej, gdzie najważniejszym rezultatem pracy doktorskiej było opracowanie i weryfikacja własnego modelu uwzględniającego wpływ obciążeń średnich i zmianę wrażliwości materiału na asymetrię cyklu w zależności od liczby cykli do zniszczenia. Po doktoracie kontynuowałem te zagadnienia weryfikując model dla innych materiałów i w innych warunkach obciążenia oraz publikując szersze opracowania wyników badań i analiz w monografii i książce (*Załącznik nr 3, pkt. II E, poz. 1, 2*).

W późniejszym okresie, podjęte studia literaturowe ukierunkowane były na poszukiwanie zagadnień badań zmęczeniowych jak najbliższych odnoszących się do obciążeń eksploatacyjnych konstrukcji. Poza obciążeniami losowymi uwagę moją zwróciły obciążenia blokowe, a dalsze analizy wykazały niewielkie zainteresowanie obecnością wartości średniej w tego typu obciążeniach.

Zachęciło to mnie do bardziej szczegółowych badań i przyjęciem jako kierunku dalszej pracy naukowo-badawczej, co stało się podstawą niniejszego wniosku o wszczęcie przewodu habilitacyjnego.

Od samego początku badania eksperymentalne były związane ze stanowiskiem do badań zmęczeniowych typu MZGS100. Jest to oryginalna konstrukcja stanowiska badawczego autorstwa dra inż. Henryka Achtełika, która w katedrze Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn w Politechnice Opolskiej jest powszechnie stosowana i udoskonalana. Maszyny typoszeregu MZGS służą realizacji badań zmęczeniowych w warunkach obciążeń zginających i skręcających oraz kombinacji tych obciążeń z możliwością implementacji obciążeń średnich (*Załącznik nr 3, pkt. II E, poz. 9, 16*).

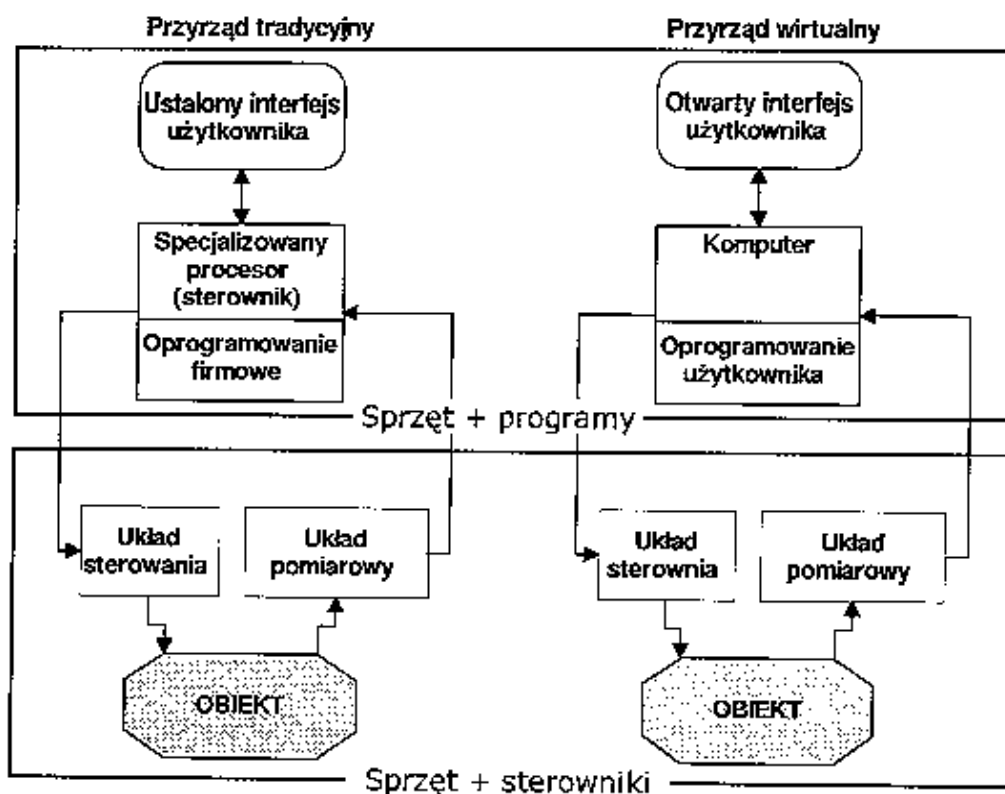
W związku z wprowadzeniem nowej oferty dydaktycznej w obszarze mechatroniki swoje zainteresowania ukierunkowałem na zapoznanie się z systemami mechatronicznymi, ich strukturą i działaniem. W swej pracy doszukiwałem się podobieństwa procesu badań laboratoryjnych do struktury systemów mechatronicznych przede wszystkim w układach kontrolno-pomiarowych stanowisk badawczych.

Istotnym problemem podczas badań jest możliwość bieżącego monitorowania pracy urządzenia i wprowadzania korekt stosownie do uzyskiwanych parametrów w czasie badań (np. kontrolowanie wartości maksymalnej obciążenia). Standardowe systemy pomiarowe zwykle pozwalają na rejestrację sygnałów pomiarowych, zaś ich analiza wymaga późniejszych obliczeń. Nie pozwala to np. kontrolować podczas procesu wielkości, które wynikają właśnie z przeliczenia podstawowych wielkości pomiarowych. Własne doświadczenia i praca dydaktyczna w obszarze mechatroniki ukierunkowała podejście do procesu badań eksperymentalnych z zastosowaniem do pomiarów tzw. idei „przyrządu wirtualnego”. W ramach własnych badań eksperymentalnych przedstawiono różne aspekty organizacji badań laboratoryjnych a także rozwoju stanowisk typu MZGS100 w odniesieniu do badań zmęczeniowych, przy czym idea „przyrządu wirtualnego” odnosi się tutaj zasadniczo do poziomu sprzętu komputerowego i oprogramowania (Rys. 13).

W porównaniu do tzw. „przyrządów tradycyjnych”, których funkcjonalność jest zamknięta i definiowana przez producenta, przyrządy wirtualne cechują się otwartym interfejsem użytkownika i dostępem do programu kontrolno-pomiarowego. To poprzez tzw. oprogramowanie użytkownika możliwe jest tworzenie systemu, który będzie w sposób dowolny interpretował i przetwarzał dane dostarczane przez zestaw czujników i przetworników tworzących tzw. obszar sprzętu i sterowników. Najprościej rzecz ujmując to laborant przy wykorzystaniu standardowych kart pomiarowych, wzmacniaczy tensometrycznych, oscyloskopów pobiera sygnały pomiarowe i przetwarza je według algorytmów stosownych i koniecznych do jak najlepszego monitorowania i sterowania procesem.

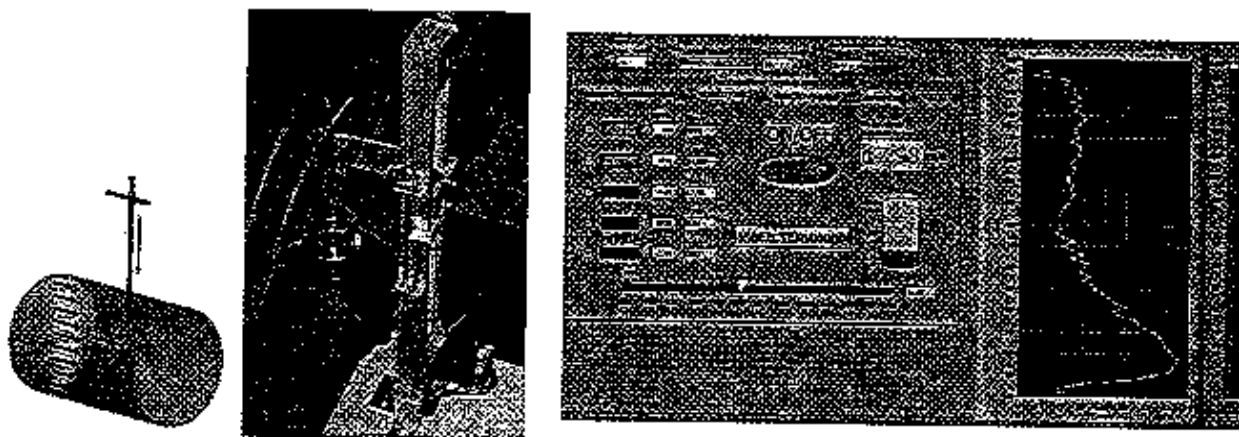
W ramach współpracy z laboratorium przepływów przy Katedrze Techniki Ciepłej i Aparatury Przemysłowej Politechniki Opolskiej przeprowadzono modernizację procedury wyznaczania profilu prędkości przepływu strumienia powietrza w kanale o przekroju okrągłym (*Załącznik nr 3, pkt. II E, poz. 10*).

Jako właściwy proces określono wykonanie serii pomiarów prędkości poprzecznie do osi kanału aby na tej podstawie wyznaczyć właściwy profil prędkości. Należało rozwiązać problem przemieszczania czujnika pomiarowego do kolejnych punktów pomiarowych oraz opracować stosowny algorytm sterowania. Jako napęd zastosowano moduł liniowy z silnikiem krokowym, zaś sterowanie polegało na identyfikacji wymaganego przemieszczenia, zmianie położenia czujnika pomiarowego i zatrzymaniu napędu na czas niezbędny do wykonania ustabilizowanych pomiarów.



Rys. 13. Porównanie przyrządów pomiarowych tradycyjnych i wirtualnych

Wykorzystując środowisko programowania graficznego opracowano system sterujący pracą elementów napędowych, wykonujący niezbędne pomiary i końcową prezentację wyników pomiarów (Rys. 14).

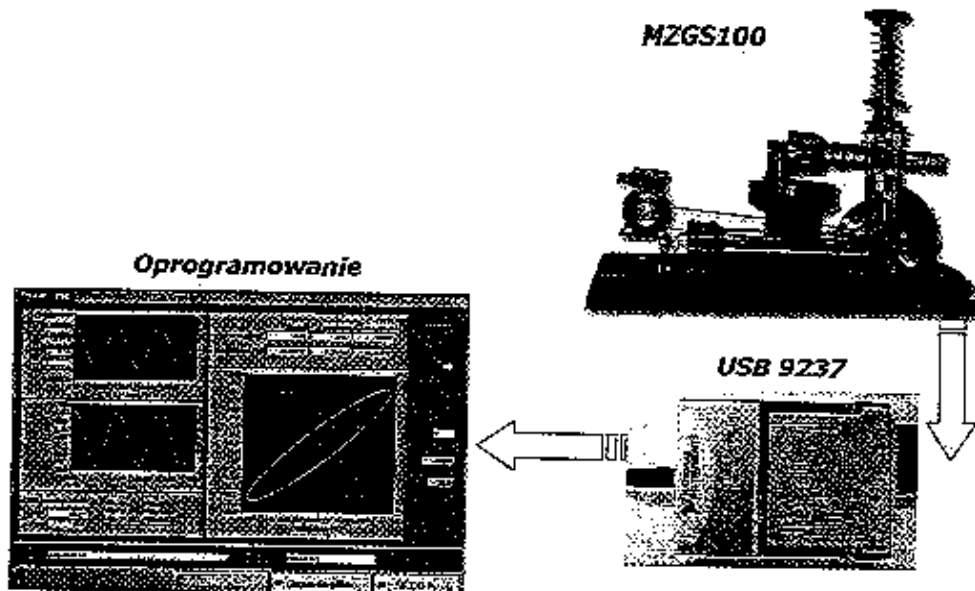


Rys. 14. Napęd zespołu czujnika oraz interfejs użytkownika systemu wyznaczania profilu prędkości wg. [10] (Załącznik nr 3, pkt. II E)

Jako opracowanie ogólne (Załącznik nr 3, pkt. II E, poz. 11) przedstawiono kompleksowo budowę stanowiska w laboratorium przepływów opierając się na opisie badań laboratoryjnych w myśl struktury systemu mechatronicznego. Przedstawiono zespoły napędowe, system pomiaru z wykorzystaniem modułowego układu kart pomiarowych typu CompactDAQ oraz zestaw niezbędnych czujników. Stanowiska sterowane jest za pomocą systemu utworzonego zgodnie z ideą przyrządów wirtualnych. Prezentowanego podejścia do badań eksperymentalnych pozwoliło zbudować kompleksowy system do pomiaru, analizy i oceny drgań czujnika pomiarowego podczas pracy (Załącznik nr 3, pkt. II E, poz. 12).

W przypadku badań zmęczeniowych opisywanych w dorobku naukowym do testów laboratoryjnych wykorzystano stanowisko MZGS100 (*Załącznik nr 3, pkt. II E, poz. 16*) uzupełnione o karty pomiarowe analogowych sygnałów napięciowych, możliwość generacji sygnałów analogowych napięciowych wykorzystywanych do kontrolowania prędkości obrotowej silnika maszyny i sterowania w ten sposób amplitudą momentu zginającego obciążającego próbkę materiału (Rys. 15).

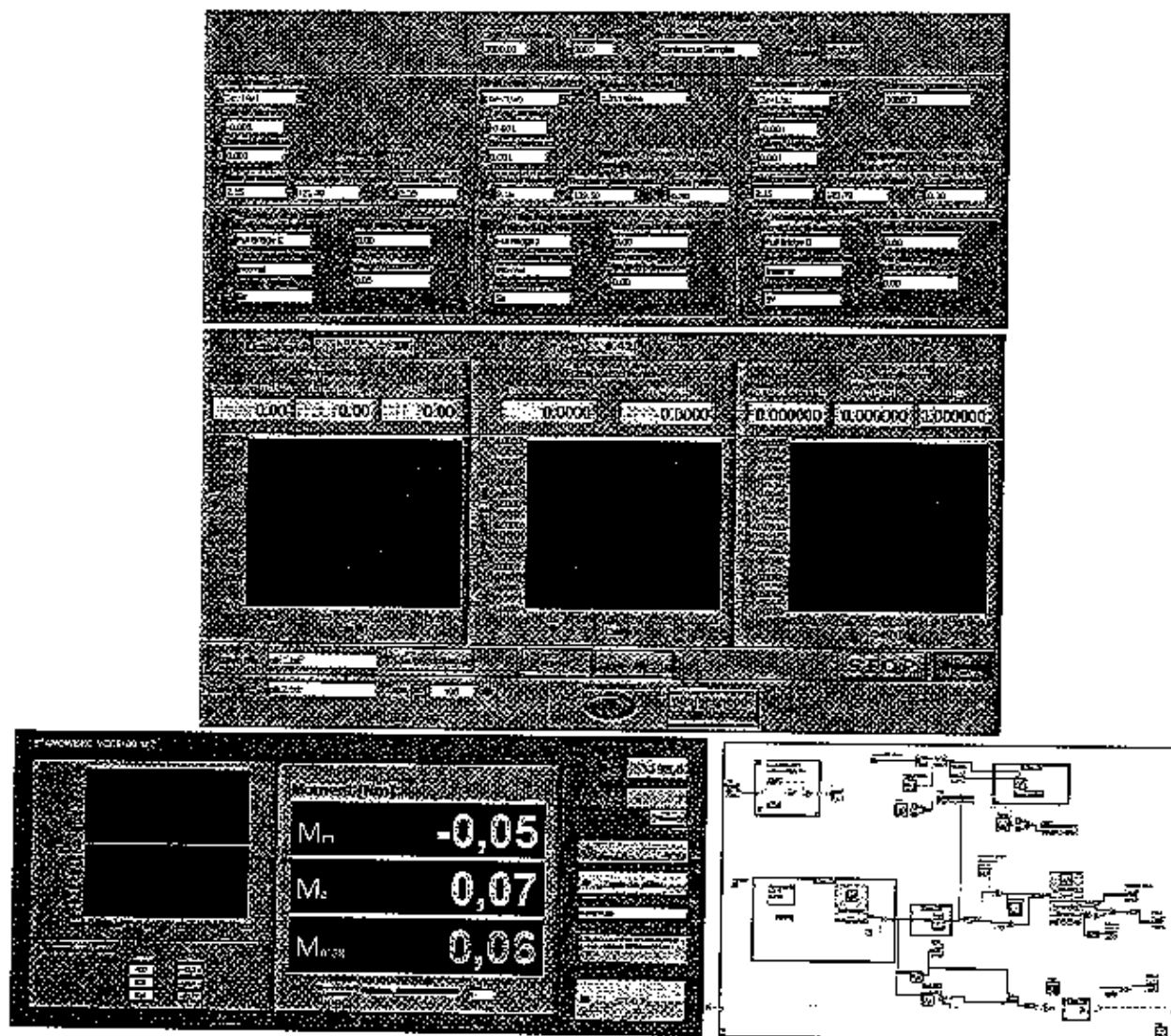
Przetworniki, w które wyposażone jest stanowisko to karty pomiarowe NI USB 6001 lub NI USB 6009 oraz wzmacniacz tensometryczny NI USB 9237. Oprogramowanie użytkownika zostało opracowane z wykorzystaniem nowoczesnego środowiska programowania graficznego o nazwie LabVIEW firmy National Instruments. Jest to system programowania dedykowany do zadań kontrolno-pomiarowych współpracujący z szerokim zestawem sprzętu pomiarowego w postaci czujników i przetworników. Użytkownik za pomocą schematów przepływu informacji i jej przetwarzania buduje program do pomiarów i sterowania przetwarzając wyniki pomiarów np. odkształceń i obciążenia na wielkości, które są niezbędne do wyznaczenia np. pola zarejestrowanej pętli histerezy i kontrolować w trakcie badań energię odkształceń plastycznych rozpraszaną w materiale.



Rys. 15. Schematyczne ujęcie stanowiska MZGS 100 z wirtualnym przyrządem pomiarowym

Do potrzeb przeprowadzanych testów opracowano kilka autorskich systemów oprogramowania do konfiguracji, pomiarów i prostego sterowania pracą maszyny (Rys. 16).

Bazując na podstawowych definicjach odnoszących się do systemów mechatronicznych możliwe jest zdefiniowanie wielkości zadanych w eksperymencie laboratoryjnym, obserwowanych i mierzonych wielkości fizycznych, zespołu czujników, przetworników jako komponentów systemu mechatronicznego, odpowiednie ich powiązanie i opracowanie algorytmu przetwarzania informacji i sterowania procesem. Dzięki wykorzystaniu idei wirtualnych przyrządów pomiarowych stanowisko to może być z powodzeniem dostosowane i wykorzystywane do badania różnych aspektów np. zjawisk zmęczeniowych bazując na przetwarzaniu podstawowych wielkości fizycznych jak obciążenia, odkształcenia, prędkości, przyspieszenia za pomocą raz utworzonego zespołu czujników i przetworników. Stanowi to doskonałe uzupełnienie wspierające prace eksperymentalne i jest istotnym wkładem w rozwój technik badawczych w odniesieniu do badań zmęczeniowych na stanowiskach typoszeregu MZGS.



Rys. 15. Przykładowe interfejsy użytkownika oraz kod graficzny programu

Ukierunkowanie zainteresowania na dziedzinę mechatroniki pozwoliło na przygotowanie i prezentację prac badawczych i zaangażowanie się w prace organizacyjne w ramach cyklicznej, międzynarodowej konferencji nt. „Mechatronic Systems and Materials” (MSM) współorganizowane przez Politechnikę Opolską, Politechnikę Białostocką oraz Politechniki z Wilna i Kowna na Litwie. W latach 2006, 2010, 2014 i 2018 konferencje MSM były organizowane przez Katedrę Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Opolskiej w których byłem sekretarzem (2006, 2010) i wiceprzewodniczącym (2010) Komitetu Organizacyjnego oraz wiceprzewodniczącym Komitetu Naukowego (2018).

Na dorobek naukowy w okresie po doktoracie składają się publikacje: współautorstwo jednej książki, redakcja czterech książek w j. angielskim, dwie monografie współautorskie, sześć publikacji w czasopismach uwzględnionych w Journal Citation Reports, pięć publikacji z listy B wykazu MNiSW oraz 46 innych publikacji w materiałach konferencyjnych i innych wydawnictwach. Najważniejsze czasopisma, w których ukazały się moje prace to: International Journal of Fatigue, Fracture and Structural Integrity, Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Key Engineering, Measurement Automation Monitoring (Pomiary Automatyka Kontrola), The Archive of Mechanical

Engineering (Archiwum Budowy Maszyn), Journal of Civil Engineering Environment and Architecture, Przegląd Mechaniczny.

Wyniki prac prezentowano na konferencjach o zasięgu krajowym:

- Krajowa Konferencja Mechaniki Pękania (2005, 2013, 2015);
- Sympozjon Podstaw Konstrukcji Maszyn (2003, 2005);
- Sympozjum Zmęczenia Materiałów i Konstrukcji (2004, 2012, 2014, 2016, 2018);
- 8th International Symposium on Mechanics of Materials and Structures, Augustów (2015);
- Konferencja Naukowa Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych, Zakopane (2011, 2012);
- XV Sympozjum Dynamiki Konstrukcji, DYNKON 2017, Rzeszów-Krasiczyn (2017)

i międzynarodowym:

- 14th European Conference on Fracture, Kraków (2002);
- 5th International Conference on Low Cycle Fatigue, Berlin (2003);
- 7th International Conference on Biaxial and Multiaxial Fatigue & Fracture, Berlin (2004);
- 2nd International Conference on Material and Component Performance under Variable Amplitude Loading, Darmstadt (2009);
- International Conference on Mechatronic Systems and Materials (2006, 2008, 2010, 2011, 2013 – 2018)

Sumaryczny „impact factor” publikacji naukowych w okresie po uzyskaniu tytułu naukowego doktora według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi $\sum IF = 6,84$.

Liczba cytowań oraz indeks Hirscha (Załącznik nr 9):

	Zachęty publikacji	Liczba cytowań / Hirsch	Indeks
Web of Science	7	63 / 56	4
Scopus	15	114 / 89	6

Recenzowałem artykuły w czasopiśmie:

- jeden artykuł w International Journal of Injury Control and Safety Promotion (2014), czasopismo indeksowane w bazie Journal Citation Report,
- jeden artykuł w International Journal of Fatigue (2017), czasopismo indeksowane w bazie Journal Citation Report,
- dwa artykuły w kwartalniku Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze (2016).

6. Działalność organizacyjna, współpraca naukowa i popularyzacja nauki

• Funkcja Sekretarza Centrum Doskonałości CESTI (2002-2005)

Po doktoracie brałem aktywny udział przygotowaniu materiałów i opracowaniu wniosku grantowego w ramach programu Competitive and Sustainable Growth finansowanego przez Unię Europejską. Projekt pt. „CENTRE OF STRUCTURAL INTEGRITY” (CESTI: kontrakt nr GIMA-CT- 2002-04058) pod kierownictwem prof. Ewalda Machy. Wniosek przeszedł pozytywną weryfikację i był realizowany w okresie 12.2002 – 11.2005 (36 mies.). Zaplanowane działania opiewały na łączną kwotę ok. 1 mln 700 tys. zł. Głównym celem i aspiracjami Centrum była jego integracja z Europejską Przestrzenią Badawczą (ERA). W ramach programu wspierano projekty badawcze, realizowano staże, szkolenia i kursy, wyjazdy na konferencje o zasięgu krajowym i międzynarodowym, wspierano rozwój laboratoriów badawczych Politechniki

Opolskiej. Jako naukowy dorobek wypracowany przez beneficjentów grantu można wymienić 17 książek i monografii, 17 wydawnictw pokonferencyjnych, 197 artykułów, 1 patent uzyskany i 2 zgłoszenia patentowe, 24 instrukcje laboratoryjne i 14 raportów z wynikami badań.

- **Opracowanie wniosków grantowych do UE:** na bazie Centrum Doskonałości CESTI brałem udział w opracowaniu innych wniosków grantowych, między innymi wniosek „*Centre of Structural Integrity CESTI 07*”, który przekroczył wymagany poziom oceny (13,5/15 pkt.), ale nie uzyskał finansowania z powodu braku funduszy.
- **Brałem udział w realizacji projektu UPTRONIC** finansowanym z funduszy UE przygotowując i prowadząc kurs nt. Computer Aided Design w 2008 i kurs programowania w środowisku graficznym LabVIEW w 2009 roku.
- **Organizacja lub gruntowna modernizacja laboratorium:**
 - koordynowałem zakupy jako członek komisji przetargowej, przeprowadziłem instalację i konfigurację kart pomiarowych PCI6221 i paneli akwizycji danych BNC2120 w komputerowym laboratorium Katedry Mechaniki i PKM (2009 r.),
 - organizowałem oraz uruchomiłem Laboratorium Mechatroniki (2015),
- **Organizacja wydarzeń o charakterze naukowym:** byłem członkiem Komitetów Organizacyjnych i Naukowych konferencji:
 - XIII Konferencja Naukowo – Szkoleniowa Mechaniki Pękania, Opole (2011), członek Komitetu Organizacyjnego,
 - coroczna Międzynarodowa Konferencja „Mechronic Systems and Materials”, funkcja Sekretarza Komitetu Organizacyjnego (2006, 2010), Wiceprzewodniczący Komitetu Organizacyjnego (2014), Członek Komitetu Naukowego (2016, 2017), Wiceprzewodniczący Komitetu Naukowego (2018),
- **W ramach pracy organizacyjnej na rzecz Wydziału Mechanicznego Politechniki Opolskiej,** związanej z kształceniem na kierunku studiów Mechatronika, pełniłem następujące funkcje:
 - członek Zespołu do opracowania planów i programów kształcenia na kierunku Mechatronika w trybie stacjonarnym (2012),
 - członek Komisji ds. jakości kształcenia na kierunku Mechatronika (2013),
 - członek Zespołu ds. programów kształcenia na kierunku Mechatronika (2013),
 - członek Wydziałowej Komisji ds. programów kształcenia (2013-2015),
 - w 2018 zostałem członkiem Zespołu do opracowania raportu samooceny dla kierunku Mechatronika,
 - od roku 2018 pełnię funkcję Przewodniczącego Zespołu ds. programów kształcenia na kierunku Mechatronika,
 - od 2018 jestem również opiekunem I-go roku studiów na kierunku Mechatronika
- **Popularyzacja nauki:** w latach 2006-2008 brałem udział z prezentacjami i wykładami w ramach Festiwalu Nauki organizowanym przez Politechnikę Opolską.
- **Członkostwo w organizacjach o charakterze naukowym:**

Jestem członkiem Polskiej Grupy Mechaniki Pękania, członkiem ESIS (European Structural Integrity Society) oraz członkiem Opolskiego Oddziału PTMTiS (w latach 2008-2014 pełniłem funkcję członka Zarządu Oddziału).

7. Osiągnięcia dydaktyczne

Moja działalność dydaktyczna w okresie po uzyskaniu tytułu naukowego doktora związana jest zasadniczo z dziedziną mechatroniki. Brałem udział w opracowywaniu programów studiów na kierunku Mechatronika, oraz pracowałem jako członek komisji i zespołów związanych z procesem kształcenia na kierunku Mechatronika (wyszczególnione w poprzednim punkcie).

Opracowałem i wdrożyłem programy wykładów, zajęć laboratoryjnych i ewentualnie ćwiczeń do przedmiotów realizowanych na kierunku studiów Mechatronika (MTR) oraz Mechanika i Budowa Maszyn (MiBM) :

- Wprowadzenie do mechatroniki (MTR),
- LabVIEW w systemach mechatronicznych (MTR),
- Modelowanie i symulacja w projektowaniu (MTR),
- Komputerowe wspomaganie eksperymentu (MTR, MiBM),
- Elementy analizy obrazu (MTR),
- Wizyjne techniki pomiarowe (MiBM),
- Mechatronika (MiBM).

W ramach przedmiotu *Praca przejściowa* prowadzę zajęcia projektowe na I i II stopniu studiów na kierunku Mechatronika.

W związku z tymi zajęciami przygotowałem autorskie prezentacje do wykładów oraz opracowałem około 30 instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych. Jestem autorem trzech rozdziałów w 2 skryptach z ćwiczeń laboratoryjnych:

- *Wybrane ćwiczenia laboratoryjne z budownictwa i konstrukcji inżynierskich*, Red. Łagoda T., Wydawnicza Politechniki Opolskiej, 2004,
Rozdział 5. Wyznaczanie naprężeń w przekrojach prętów o profilu otwartym.
- *Trwałość zmęczeniowa maszyn: laboratorium*, Red. Łagoda T. Macha E., Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, 2005
Rozdział 7. Wyznaczanie trwałości zmęczeniowej materiału w warunkach obciążeń stałoamplitudowych i losowych z udziałem naprężeń średnich.
Rozdział 8. Trwałość zmęczeniowa materiałów przy stałoamplitudowym zginaniu i skręcaniu z przesunięciem fazy.

Materiały dydaktyczne są udostępniane studentom na prowadzonej przeze mnie stronie r.pawliczek.po.opole.pl.

Prowadzę również zajęcia w j. angielskim na kierunku studiów Mechanical Engineering oraz w ramach programu wymiany studentów ERASMUS.

Wprowadzenie nowego kierunku studiów wymagało rozszerzenia zaplecza laboratoryjnego. Organizowałem akcję doposażenia 18 stanowisk laboratorium komputerowego w karty pomiarowe i panele akwizycji danych. Byłem odpowiedzialny za wprowadzenie do procesu dydaktycznego inżynierskiego środowiska programowania graficznego NI LabVIEW. Wiązało się to z opracowaniem stosownych prezentacji i instrukcji. W roku 2015 zorganizowałem i uruchomiłem Laboratorium Mechatroniki, gdzie prowadzone są zajęcia z podstaw mechatroniki, komputerowego wspomaganie eksperymentu, modelowania i symulacji oraz prace przejściowe.

Zgodnie z danymi dostępnymi w bazie *Archiwum Prac Dyplomowych Politechniki Opolskiej* na dzień 1.04.2019 w latach 2013-2019 byłem promotorem 51 prac dyplomowych inżynierskich, 20 prac dyplomowych magisterskich oraz byłem recenzentem 23 prac dyplomowych.

8. Nagrody, staże, szkolenia.

Uzyskane nagrody i wyróżnienia:

- Nagroda indywidualna II stopnia Rektora Politechniki Opolskiej za osiągnięcia naukowe (2002)
- Nagroda indywidualna III stopnia Rektora Politechniki Opolskiej za osiągnięcia naukowe (2005)
- Medal Brązowy za Długoletnią Służbę (2012)

Wizyty naukowe:

- pobyt naukowy w University of Bologna, Włochy, 2003, 1 tydzień
- pobyt naukowy w LBF Darmstadt, Niemcy, 2009, 1 tydzień
- pobyt naukowy w Wilnius Gediminas Technical University, Litwa, 2009, 1 tydzień,

Szkolenia i kursy:

- Szkolenie nt. „Finite Element Analysis for Engineers and Scientists”, 26-30.03.2001, University of Nottingham, Wielka Brytania.
- Szkolenie z zakresu udzielania pierwszej pomocy, 7.06.2006, PCK Opole
- Szkolenie nt. „Zarządzanie projektami w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego”, 14-15.05.2007, Regionalny Ośrodek Europejskiego Funduszu Społecznego w Opolu.
- Certyfikat uczestnictwa: Intensive Practical Computer Course on LabVIEW, 9-20.03.2008, Leonardo da Vinci Project PL/07/LLP-LdV/TOI/140006.
- Kurs pedagogiczny dla nauczycieli akademickich, 2008/2009, WSZiA Opole.
- Symulacje mechatroniczne w nowoczesnym projektowaniu konstrukcji mechanicznych, 11.04.2013, EC Test Systems, Kraków.
- Student niepełnosprawny jako trudny klient, problemy komunikacji z osobą niepełnosprawną, 30.11.2015, Politechnika Opolska.

23. 04. 2019

Roland Pawliczek