

**Recenzja osiągnięcia naukowego oraz całokształtu aktywności naukowej
dr. inż. Sławomira Henclika**

w związku z postępowaniem habilitacyjnym w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
w dyscyplinie inżynieria mechaniczna

Podstawa opracowania

Recenzję opracowano na podstawie pisma z dn. 13.04.2023 (RN-422-3/22) dr. hab. inż. Grzegorza Żywicy, prof. IMP PAN, Zastępcy Dyrektora ds. Naukowych Instytutu Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku.

Jako osiągnięcie naukowe Habilitant przedstawił cykl powiązanych tematycznie artykułów (łącznie dziesięć artykułów naukowych) opublikowanych w latach 2010-2021, które zatytułował „*Dynamiczne oddziaływanie ciecz–struktura w przebiegu zjawiska uderzenia hydraulicznego w elastycznym układzie rurociągowym*”.

Ponadto Habilitant dołączył:

1. Wniosek z dnia 15.11.2022
2. Dane osobowe wnioskodawcy
3. Kopię dyplomu doktora nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn
4. Autoreferat
5. Wykaz osiągnięć naukowych
6. Kopie publikacji i oświadczenia współautorów o udziałach w publikacjach
7. Dokumenty potwierdzające inne osiągnięcia

1. Charakterystyka Kandydata

Dr inż. Sławomir Henclik jest pracownikiem naukowym zatrudnionym na stanowisku starszego specjalisty w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku. W 1983 roku ukończył studia magisterskie w Instytucie Fizyki Politechniki Gdańskiej uzyskując dyplom magistra inżyniera podstawowych problemów techniki w specjalności fizyka techniczna. W roku 1997 uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „*Opracowanie metod doboru charakterystyk elementów podatnych w układach amortyzacyjnych mechanizmów okrętowych*” wykonanej pod kierunkiem kmdr. dr. hab. inż. Stanisława Dobrocińskiego, prof. AMW i obronionej na Wydziale Mechaniczno-Elektrycznym Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni.



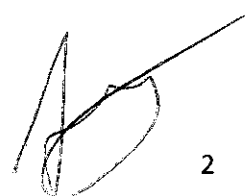
Karierę zawodową Habilitant rozpoczął w Wyższej Szkole Morskiej pracując 2 miesiące na stanowisku asystenta (1983). Następnie w latach 1983-2005 pracował w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Centrum Techniki Morskiej w Gdyni, kolejno na stanowisku asystenta, starszego asystenta, specjalisty, starszego specjalisty, asystenta naukowego i adiunkta (w latach 1999-2005). Od roku 2008 do chwili obecnej pracuje w Instytucie Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk w Gdańsku, w Zakładzie Hydroenergetyki, zatrudniony na stanowiskach: starszego specjalisty, adiunkta (2009-2017), starszego specjalisty.

Zainteresowania naukowe dr. inż. Sławomira Henclika obejmują przepływy nieustalone cieczy w rurociągach, oddziaływania ciecz struktura z ang. fluid structure interactions. Kandydat zajmuje się modelowaniem fizycznym, matematycznym, numerycznym oraz badaniami eksperymentalnymi powyższych zjawisk, ze szczególnym uwzględnieniem uderzenia hydraulicznego w wiskoelastycznych rurociągach.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe Habilitant przedstawił dziesięć publikacji naukowych, siedem prac samodzielnych oraz trzy współautorskie. Pierwszych sześć prac z wykazu [A.1-A.6] zostało opublikowanych w renomowanych czasopismach indeksowanych w bazie WoS: *Mechanical Systems and Signal Processing* IF=8,934, *Journal of Sound and Vibration* IF=4,761, *Journal of Fluids and Structures* IF=3,482, *European Journal of Mechanics B/Fluids* IF=2,598, *Journal of Theoretical and Applied Mechanics* IF=0,905. Prace [A.7-A.9] są publikacjami pokonferencyjnymi, natomiast praca [A.10] została opublikowana w czasopiśmie IMP-PAN w Gdańsku. Udział Habilitanta we współautorskich publikacjach był wiodący i polegał na opracowaniu planu badań, doborze metod i wykonaniu badań, analizie wyników oraz przygotowaniu publikacji. Do wniosku załączone zostały oświadczenia współautorów o ich wkładzie w realizację badań i przygotowaniu artykułów. Biorąc pod uwagę oświadczenia współautorów, należy uznać, że wkład Habilitanta w wymienionych pracach badawczych był dominujący.

Podjęta przez Habilitanta problematyka badawcza jest bardzo ciekawa ze względów naukowych ale przede wszystkim mająca ważne znaczenie w projektowaniu i eksploatacji elastycznych rurociągów narażonych na występowanie uderzeń hydraulicznych. Habilitant skoncentrował swoje badania na przepływach nieustalonych cieczy w rurociągach. Nagła zmiana ciśnienia płynu generuje uderzenie hydrauliczne w wyniku którego powstają fale sprężyste, które mogą prowadzić do uszkodzenia lub zniszczenia rurociągu. Habilitant uzasadnia wagę pojętego tematu badawczego w kontekście projektowania oraz bezpieczeństwa podczas eksploatacji układu.



2

W pracy [A1] (Hendlik S., 2021, Application of the shock response spectrum method to severity assessment of water hammer loads, Mechanical Systems and Signal Processing 157, 107649) wykazanej jako osiągnięcie naukowe zaproponowany została specjalny rodzaj analizy widmowej, która umożliwiła ocenę obciążenia impulsowego w stanie nieustalonym. Opracowany został algorytm numeryczny pozwalający na wyznaczenie widma odpowiedzi struktury wywołanej uderzeniem hydraulicznym nazwanego przez Habilitanta Shock Response Method (SRM). Metoda została zweryfikowana na stanowisku badawczym, a następnie porównana z klasyczną analizą częstotliwościową Fouriera. Wykazano skuteczność metody SMR w zastosowaniu do oceny obciążenia uderzeniem hydraulicznym rurociągów o różnej konstrukcji.

W pracy [A.2] (Hendlik S., Maurin A., 2019, Determination of the stiffness matrix of flat springs for modeling of the boundary condition at a pipeline support, Mechanical Systems and Signal Processing 123, 102-116) zaproponowany został model wiskoelelastycznego elastycznego posadowienia rurociągu w celu redukcji obciążenia wywołanego przepływem płynu. Zaproponowano model płaskiej sprężyny o geometrii zdefiniowanej w sposób ogólny, a następnie wykonano obliczenia analityczne, numeryczne w systemie ANSYS i badania doświadczalne dla kilku wybranych wariantów płaskich sprężyn podtrzymujących rurociąg i różnych warunków brzegowych. Wykazano, że dla specyficznych parametrów struktury możliwe jest uzyskanie osobliwej macierzy sztywności, co wymaga zastosowania specjalnej procedury obliczeniowej prowadzącej do redukcji wymiaru macierzy sztywności oraz warunków brzegowych. Porównano wyniki obliczeń analitycznych, numerycznych i doświadczalnych uzyskując dobrą ich zgodność.

Praca [A.3] (Hendlik S., 2018, Analytical solution and numerical study on water hammer in a pipeline closed with an elastically attached valve. Journal of Sound and Vibration 417, 245-259) poświęcona jest zagadnieniu interakcji płynu i struktury mechanicznej, należy do grupy 'fluid structure interaction'. W pracy uwzględniono efekt uderzenia wodą badając transfer energii płynu do rurociągu oraz z rurociągu do płynu. Wzajemne dwustronne sprzężenie płyn-struktura jest szczególnie ważnym zagadnieniem w przypadku rurociągów podatnych. Zaproponowano model rurociągu zamocowanego do sztywnych podpór przez który przepływa płyn. Efekt wzbudzenie struktury wywoływany był gwałtownym zamknięciem zaworu na końcu rurociągu którego koniec jest zamocowany wisko-elastycznie. Parametry zamocowania wisko-elastycznego były analizowane w kontekście minimalizacji obciążenia uderzenia hydraulicznego. Model matematyczny układu został rozwiązany metodami analitycznymi i numerycznymi dla założonych warunków brzegowych. Rozwiązania analityczne wyznaczono dla uproszczonego przypadku z pominięciem masy zaworu oraz tłumienia, natomiast w rozwiązaniach numerycznych uwzględniono pełny układ. Uzyskane wyniki pozwoliły na wyznaczenie sztywności i tłumienia przy których występuje znacznie zmniejszenie obciążenia

uderzeniem hydraulicznym, szczególnie gdy podatność zawieszenia zaworu jest duża. Uzyskane wyniki mogą istotnie wspomóc proces poprawnego projektowania tego typu struktur.

Zagadnienie oddziaływania wzajemnego płyn-struktura rurociągu analizowane było również w pracy [A.4] (Henclik S., 2018, Numerical modeling of water hammer with fluid-structure interaction) w której przeprowadzono szczegółowe analizy numeryczne modelu rurociągu posadowionego na wisko-elastycznych podporach. Rozwiązania numeryczne uzyskano dla warunków brzegowych w węzłach z podporami, sformułowanych w postaci równań różniczkowych. Wyniki uzyskane z modelu porównano z wynikami doświadczalnymi co pozwoliło na odpowiednią kalibrację modelu. Tak zweryfikowany model został użyty do wyznaczenia parametrów zawieszenia rurociągu przy których następuje minimalizacja efektu uderzenia hydraulicznego.

Interakcje rurociąg-ciecz analizowano również w pracy [A.5] (Adamkowski A., Henclik S., Janicki W., Lewandowski M., 2017, The influence of pipeline supports stiffness onto the water hammer run, European Journal of Mechanics B/Fluids 61, 297-303) w której przedstawiono badania doświadczalne wykonane na specjalnym stanowisku badawczym zbudowanym w IMP-PAN w Gdańsku. Badany był rurociąg o długości ok. 59 m posadowiony na elastycznych podporach. Obciążenie rurociągu i podpór analizowano w przypadku uderzenia hydraulicznego, również badano drgania własne wywołane uderzeniem. Badania doświadczalne wykazały, że elastyczne podparcie rurociągu redukuje efekt uderzenia hydraulicznego. Uzyskane wyniki dały podstawę do opisu zjawiska (wykorzystane zostały w kolejnych publikacjach autora) oraz do sformułowania hipotez wyjaśniających efekt dyssypacji energii wywołanej uderzeniem hydraulicznym. Wyniki badań doświadczalnych były bardzo cenne gdyż dały podstawę badań modelowych, analitycznych i numerycznych opublikowanych w artykułach [A1-A4].

W pracy [A.6] (Henclik S., 2015, A numerical approach to the standard model of water hammer with fluid structure interaction, Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 53, 3, pp. 543-555) badany był model elastycznie posadowionego rurociągu dynamicznie oddziałującego z przepływającym płynem. Wyprowadzony został model sprzężonego układu płyn-rurociąg dla jednowymiarowego modelu płynu oraz trójwymiarowego modelu opisującego ruch rury, biorąc pod uwagę warunki brzegowe przy wisko-elastycznym zamocowaniu rurociągu. Problem opisany był za pomocą czternastu równań różniczkowych cząstkowych, a następnie rozwiązany numerycznie za pomocą opracowanego autorskiego oprogramowania, które pozwalało na uwzględnienie specyfiki założonych warunków brzegowych.

Prace [A.7-A.9] są publikacjami pokonferencyjnymi, w których kolejno badano numerycznie przypadek sztywnego lub podatnie zawieszonego rurociągu z uwzględnieniem elesto-

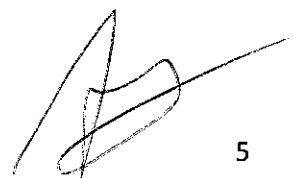
wiskotycznego zawieszenia zaworu umieszczonego na końcu struktury. Na podstawie symulacji numerycznych określono wpływ charakterystyki zaworu w celu zmniejszenia efektu uderzenia hydraulicznego oraz warunków brzegowych na mechanizm oddziaływania rurociągu. Wyniki badań doświadczanych przedstawione w materiałach pokonferencyjnych [A.9] posłużyły do weryfikacji uzyskanych wyników z badań numerycznych.

Najstarszą chronologicznie z prac wskazanych w osiągnięciu jest publikacja [A.10] (Henclik S., 2010, Mathematical model and numerical computations of transient pipe flows with fluid-structure interaction, Transactions of the Institute of Fluid-Flow Machinery, No. 122, 77-94) w której wyprowadzono model oddziaływania dynamicznego pomiędzy cieczą i rurociągiem podczas uderzenia hydraulicznego. Model oparto na założeniu liniowego rurociągu o kołowym cienkościennym przekroju i wykonanego z liniowo elastycznego materiału. Prędkość przepływu płynu była relatywnie mała co pozwoliło na pominięcie efektu kawitacji. Model uwzględniał przemieszczenia wzdłużne, skrętne i poprzeczne rurociągu, sprzężone z ruchem płynu, uwzględniono tarcie pomiędzy płynem i rurociągiem oraz tłumienie w materiale rurociągu. Na podstawie wyprowadzonego modelu opracowany został model numeryczny z dedykowaną do modelu procedurą wyznaczenia rozwiązań opisujących oddziaływanie dwustronne pomiędzy rurociągiem i cieczą. Artykuł [A.10] dał podstawę do rozwoju badań i był bazą kolejnych publikacji przedstawionych powyżej [A.1-A.9].

Cykl publikacji przedstawiony do oceny jako osiągnięcie naukowe jest spójny, metodyka badawcza jest stopniowo rozwijana, jasno przedstawione są założenia modelowe oraz metody wyznaczenia rozwiązań numerycznych. Przedstawione wyniki teoretyczne porównano z eksperymentem wskazując ich zgodność lub dokonując krytycznej oceny w przypadku rozbieżności. Mocnym punktem przedstawionego osiągnięcia jest to, że prace naukowe z powodzeniem zostały opublikowane w kilku renomowanych czasopismach o wysokim wskaźniku oddziaływania.

Miarą aktywności naukowej Habilitanta są dane bibliometryczne, sumaryczny impact factor publikacji wykazanych jako osiągnięcie wynosi: **IF=25,9** (z uwzględnieniem udziału w pracach współautorskich), liczba cytowań publikacji według bazy Scopus **LC=103**, bez samocytowań **LC=83**, według bazy WoS **LC=94**, bez samocytowań **LC=74**, indeks Hirscha według bazy Scopus i WoS: **h=6**.

Oceniając zaprezentowany cykl publikacji oraz biorąc pod uwagę uzyskane wyniki i opracowane algorytmy oraz wskaźniki bibliometryczne uważam, że przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe wnosi istotny wkład w rozwój dyscypliny i spełnia kryteria niezbędne do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.



3. Ocena istotnej aktywności naukowej, współpracy międzynarodowej, dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego i współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym

Oprócz głównego osiągnięcia naukowego Habilitant był autorem lub współautorem 5 publikacji po uzyskaniu stopnia doktora oraz 10 prac naukowych przed doktoratem, głównie pokonferencyjnych. Po uzyskaniu stopnia doktora wygłosił 25 referatów, w tym 5 na konferencjach poza granicami kraju.

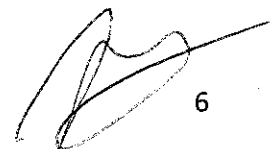
Dwukrotnie był powoływany na recenzenta artykułów w uznanych czasopismach z bazy JCR, co uważam, jest nieco słabszym punktem wniosku, biorąc pod uwagę staż naukowy Kandydata.

Po doktoracie Habilitant był kierownikiem jednego projektu MNiSzW (2010 r.) oraz wykonawcą w czterech innych projektach realizowanych w Centrum Techniki Morskiej w Gdyni. Wykazał też aktywność międzynarodową i współpracę z ośrodkami zagranicznymi odbywając krótkoterminowe jednotygodniowe wizyty: w Columbus, USA, (2000), w Hadze w Holandii (2001), w La Spezii, Włochy (2003). Również, aktywność międzynarodowa jest słabszym punktem wniosku. Brakuje wyraźniej współpracy międzynarodowej popartej wyjazdami długoterminowymi.

Ze względu na charakter zatrudnienia dorobek dydaktyczny kandydata ograniczył się do krótkiego okresu pracy na stanowisku asystenta-stażysty w Wyższej Szkole Morskiej w Gdyni gdzie pomagał w organizacji procesu dydaktycznego.

Habilitant jest członkiem Polskiego Towarzystwa Akustycznego, był członkiem grupy NATO Task Group 25, działającej w ramach organizacji Sensors and Electronic Technology.

Podczas pracy w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Centrum Techniki Morskiej w Gdyni Kandydat aktywnie współpracował z sektorem gospodarczym. W ramach projektu KRYL był jednym z wykonawców systemu hydroakustycznych anten pasywnych. System ten został zaprojektowany, wykonany i wdrożony. Zajmował się też opracowaniem oraz badaniami konstrukcji elementów amortyzujących do mocowania urządzeń okrętowych, a we współpracy z Instytutem Chemii Przemysłowej w Warszawie opracował metodykę badania specjalnego tworzywa do tłumienia drgań kadłuba okrętu. Brał udział w pracach na rzecz przemysłu stocznioowego w zakresie badań parametrów sprężystych amortyzatorów stosowanych na jednostkach pływających oraz brał udział w badaniach związanych z budową nowych jednostek pływających. W Instytucie Maszyn Przepływowych PAN był wykonawcą w pracach na rzecz energetyki wodnej, prowadzonych w elektrowniach Gałęźnia Mała (2008), Żarnowiec (2009, 2010, 2011), Włocławek (2011), Szklarska Poręba (2015), Piła-Koszyce i Ptusza (2018).



6

Jest współautorem jednego patentu na specjalny typ amortyzatora, dedykowanego głównie do urządzeń mocowanych na okręcie. Wykonał jedną ekspertyzę autorską na rzecz przemysłu związaną z energetyką odnawialną oraz był członkiem czterech zespołów eksperckich wykonujących ekspertyzy o charakterze badawczo-technicznym.

Dorobek Kandydata w zakresie istotnej aktywności naukowej oraz współpracy międzynarodowej oceniam jako dostateczny natomiast udział w projektach badawczych na rzecz przemysłu i współpracę z otoczeniem gospodarczym oceniam jako dobry.

4. Podsumowanie oceny i wniosek końcowy

Podsumowując powyższe elementy oceny, uważam, że osiągnięcie naukowe dr.inż. Sławomira Henclika zatytułowane „*Dynamiczne oddziaływanie ciecz–struktura w przebiegu zjawiska uderzenia hydraulicznego w elastycznym układzie rurociągowym*” przedstawiony w postaci cyklu tematycznie powiązanych publikacji oraz Jego dorobek w zakresie istotnej aktywności naukowej spełnia wymogi ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce i jest wystarczający do nadania dr.inż. Sławomirowi Henclikowi stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

