

Wrocław, 28. listopada 2025 r.

prof. dr hab. inż. Jerzy Kaleta
Katedra Mechaniki,
Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej
Wydział Mechaniczny
Politechniki Wrocławskiej
ul. Smoluchowskiego 25
50-370 Wrocław

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Mgr. inż. JOANNY KUSTOSZ pod tytułem
„Trójwarstwowy zbiornik ciśnieniowy o prostokątnym przekroju poprzecznym do
zastosowania w pneumatycznym systemie zawieszenia pojazdów szynowych”,
wykonanej pod kierunkiem Prof. dr. hab. inż. Krzysztofa Magnuckiego jako
promotora i Dr inż. Damiana Goliwasa jako promotora pomocniczego
z Sieci Badawczej Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny.

Opis identyfikacyjny: maszynopis rozprawy doktorskiej sygnowany przez Wydział
Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Poznańskiej (2025).

Podstawa formalno-prawna:

- pismo (z 8. października 2025 br.; wpłynęło do recenzenta 10. października br.)
Prof. dr. hab. inż. Jacka Pielecha, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii
Lądowej, Geodezji i Transportu Politechniki Poznańskiej w Poznaniu,
- Ustawa z dnia 20. lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.
z 2024 r., poz. 1571 z późniejszymi zmianami, w tym zgodnie z art. 190. ust. 3. ww.
Ustawy).

OCENA PRACY DOKTORSKIEJ

A. Wprowadzenie

Głównym zamierzeniem Autorki (wywodzącej się Sieci Badawczej Łukasiewicz –
Poznański Instytut Technologiczny, Doktorantki Wydziału Inżynierii Lądowej
i Transportu Politechniki Poznańskiej) było [opracowanie koncepcji zbiornika
ciśnieniowego o prostokątnym przekroju poprzecznym z wykorzystaniem aluminiowych
płyty sandwichowych, który będzie możliwy do zastosowania w pneumatycznym systemie
zawieszenia pojazdów szynowych](#). Przyjęto przy tym, iż prostopadłościenny kształt
pozwoli na maksymalne wykorzystanie przestrzeni dostępnej do jego zabudowy na
podwoziu pojazdów.

Pracę podjęto się w odpowiedzi na zagadnienie będące częścią realizowanego przy
współdziale Doktorantki projektu badawczo-rozwojowego, mającego na celu
opracowanie prototypu pojazdu szynowego typu 227M wyposażonego w hybrydowy
zespół trakcyjny zawierający napęd elektryczny i spalinowy. Rozwiązanie takie jest
szczególnie przydatne w ruchu regionalnym, bo umożliwia eksploatację na liniach
zelektryfikowanych oraz bez sieci trakcyjnej. Narastająca liczba urządzeń umieszczanych
w podwoziach i nadwoziach takich pojazdów spowodowała istotne ograniczenie
przestrzeni dostępnej dla zabudowy klasycznych, czyli cylindrycznych zbiorników
wyrównawczych, które są kluczowym komponentem pneumatycznego układu
zawieszenia drugiego stopnia w pojazdach szynowych.

Z kolei pneumatyczny układ zawieszenia pełni istotne funkcje, w tym dostarcza informację o przełożonym ładunku do systemu hamulcowego, umożliwia kompensację nadwozia względem peronu oraz dostosowuje sztywność sprężyny pneumatycznej, by możliwa była zmiana częstotliwości drgań własnych układu, co pozwala z kolei na tłumienie drgań przenoszonych z wózka na nadwozie. Zastosowanie sprężyn pneumatycznych wymaga zabudowania dodatkowych zbiorników wyrównawczych (komór sztywnych), które zwiększają jej pojemność roboczą. Poprawna konstrukcja zbiornika wyrównawczego ma z kolei wpływ na charakterystykę dynamiczną sprężyny pneumatycznej.

Autorka przyjęła przy tym, że zbiornik wykonany zostanie z aluminiowych płyt sandwiczowych, których rdzeń wykonany jest z pianki aluminiowej, a okładziny z litego aluminium. Ponadto założono, iż zbiornik prostopadłościenny umożliwi zastosowanie technologii spawania, co wyeliminuje problem wykonania dennic (typowy dla zbiorników walcowych) oraz zredukuje liczbę potencjalnych miejsc nieszczelności. *Część powyższych założeń jest dyskusyjna, co zaznaczono w dalszej części recenzji.*

Zagadnienie zbiornika wyrównawczego oraz instalacji pneumatycznej jest przedmiotem licznych badań, które przytoczono w rozprawie. Należy stwierdzić, iż tematyka podjętego zagadnienia ma charakter interdyscyplinarny i lokuje się w obszarze głównie Inżynierii Lądowej, Geodezji i Transportu, ale również w obszarze Inżynierii Mechanicznej oraz częściowo Inżynierii Materiałowej.

Autorka przedstawiła zwięźle aktualny stan wiedzy z zakresu objętego rozprawą. Na tej podstawie Doktorantka sformułowała tezę, cele i główne zadania do podjęcia w pracy doktorskiej. Następnie opisała metodykę badań własnych, a także uzyskane rezultaty. Rozprawę zakończono podsumowaniem oraz wnioskami z przeprowadzonych badań.

*Podsumowując na wstępie zamierzenia Autorki pracy i mając na uwadze stan wiedzy należy przyjąć, iż zagadnienie opracowanie koncepcji zbiornika ciśnieniowego o prostokątnym przekroju poprzecznym z wykorzystaniem aluminiowych płyt sandwiczowych, który będzie możliwy do zastosowania w pneumatycznym systemie zawieszenia pojazdów szynowych jest aktualnym i ważkim zagadnieniem w zakresie badań podstawowych i stosowanych. Wynika to ze złożoności zjawisk występujących w sprężynie pneumatycznej, w tym i w zbiorniku wyrównawczym oraz konieczności interdyscyplinarnego warsztatu badawczego, by procesy te poznać i zinterpretować. Pozwala to łącznie stwierdzić, że **wybór tematyki badawczej zawartej w przedłożonej rozprawie jest w pełni aktualny naukowo i aplikacyjnie.***

B. Charakterystyka pracy

Przedstawiona do oceny rozprawa podzielona została na 6 rozdziałów oraz 19 podrozdziałów, w tym zawarto też analizę wyników, podsumowanie oraz wnioski końcowe. Dodatkowo praca zawiera streszczenie (w dwóch wersjach językowych), spis cytowanej literatury przedmiotu oraz załącznik zawierający wykaz zrealizowanych obliczeń numerycznych. Monografia obejmuje 104 strony, 65 rysunków bądź zdjęć oraz 13 tabel. Zestawienie cytowanej literatury zawiera 61 pozycji, w tym w trzech przypadkach współautorstwa Doktorantki.

Poniżej scharakteryzowano skrótowo przedłożoną rozprawę.

W **pierwszym rozdziale (Wprowadzenie)** przedstawiono na wstępie motywację, którymi kierowała się doktorantka podejmując temat rozprawy. Opisano następnie zadania, budowę i zasadę działania pneumatycznego systemu zawieszenia drugiego stopnia

pojazdów szynowych. Zdefiniowano rolę sprężyny pneumatycznej, w tym komory sztywnej w postaci zbiornika wyrównawczego. Przytoczono dane z literatury przedmiotu na temat znaczenia pojemności tego zbiornika na zdolność tłumienia drgań przez sprężynę pneumatyczną.

W **rozdziale drugim (Cel, teza i zakres pracy)** przyjęto kolejno:

1. Tezę pracy w sformułowaniu, cyt: „...opracowanie koncepcji budowy sandwichowego zbiornika ciśnieniowego o prostokątnym przekroju poprzecznym do zastosowania w pneumatycznym układzie zawieszania drugiego stopnia pojazdów szynowych jako zbiornik wyrównawczy”.
2. Tezę pracy w sformułowaniu, cyt.: ”Możliwe jest zastąpienie klasycznych cylindrycznych zbiorników wyrównawczych wykonanych z materiałów jednorodnych sandwichowym zbiornikiem ciśnieniowym o prostokątnym przekroju poprzecznym”.
3. Zakres pracy. W tym przypadku przyjęto za kluczowe zadania, kolejno:
 - przegląd literatury przedmiotu obejmujący szerokie spektrum wiedzy, w tym z zakresu zbiorników ciśnieniowych, struktur sandwichowych, metod analitycznego i numerycznego modelowania tych struktur i ich wykorzystania do budowy zbiornika ciśnieniowego o prostokątnym przekroju poprzecznym,
 - opracowanie modelu numerycznego zbiornika w programie Abaqus,
 - przeprowadzenie numerycznych badań statycznej wytrzymałości sandwichowych zbiorników o prostokątnym przekroju poprzecznym z uwzględnieniem wpływu wymiarów gabarytowych zbiornika, modułu Younga piany aluminiowej, grubości okładzin płyt i rdzenia oraz znaczenia przegród wzmacniających.

Zaznaczono ponadto, iż praca nie obejmuje zagadnień technologii wytworzenia zbiorników sandwichowych oraz zagadnień legislacyjnych w zakresie dopuszczenia takiego zbiornika do eksploatacji.

W **rozdziale trzecim (Przegląd literatury)** opisano stan wiedzy z zakresu odpowiednio cylindrycznych kompozytowych zbiorników ciśnieniowych, w tym ich budowy, technologii wytwarzania i modelowania oraz eksperymentalnej weryfikacji rezultatów numerycznych. W kolejnym kroku przytoczone dane literaturowe dotyczące zbiorników ciśnieniowych o prostokątnym przekroju poprzecznym. Następnie opisano struktury sandwichowe i kolejno ich modelowanie z użyciem procedur analitycznych i numerycznych.

Należy zauważyć, iż część zacytowanych pozycji literaturowych została niewłaściwie zrozumiana lub nieadekwatnie przytoczona. Dotyczy to przykładowo następujących pozycji (z zachowaniem numeracji cytowania przyjętej w rozprawie):

- [21] Kabir M. Z. Finite element analysis of composite pressure vessels with a load sharing metallic liner. Composite Structures. 2000; 49(3).
 - Zdaniem Doktorantki autor, cyt.: „przeprowadził badania numeryczne zbiorników ciśnieniowych wzmocnionych włóknem i owiniętych metalową okładziną. Autor badał wytrzymałość zbiorników poddanych działaniu ciśnienia wewnętrznego. Kabir udowodnił, że zastosowanie metalowej okładziny zewnętrznej powoduje zmiany naprężeń osiowych i przemieszczeń z nich wynikających”.
 - Faktycznie natomiast zbiornik walcowy z czaszą nie był owinięty metalową okładziną tylko miał wewnętrzną metalową wykładzinę, czyli tzw. liner/detkę, która została wzmocniona oplotem z włókna. W pracy obiekt modelowano jako sprężysty, idealnie plastyczny liner wzmocniony quasi-izotropowym kompozytem sprężystym.
- [40] O’ Brink N. Sandwich cylinder construction for underwater pressure vessels. Naval Engineers Journal. 1964; 76(6), 951-954.
 - Zdaniem Doktorantki autor, cyt.: „... opisał konstrukcję sandwichowego zbiornika cylindrycznego obciążonego ciśnieniem zewnętrznym przeznaczonego do magazynowania wody. Autor przeprowadził badania analityczne wyboczenia tych

zbiorników. Na podstawie uzyskanych wyników autor stwierdził, że sandwiczowy zbiornik cylindryczny charakteryzuje się wyższą wytrzymałością niż klasyczny, niewzmocniony zbiornik cylindryczny”.

- Faktycznie natomiast w pracy rozpatrzono stateczność powłoki zbiornika walcowego poddanego ciśnieniu zewnętrznemu i rozważono dwa podejścia zapobiegające wyboczeniu: a) przez zwiększenie grubości ścianki, b) przez zastosowanie przegród. Zagadnienie dotyczyło wykorzystania konstrukcji sandwiczowych do budowy kadłuba okrętów podwodnych, a nie do magazynowania wody (pracę opublikowano w czasopiśmie marynarki wojennej).
- [2] Al-Fatlawi, A., Jármai, K., & Kovács, G. Theoretical and numerical analysis of an aluminum foam sandwich structure. *Pollack Periodica*. 2020; 15(3), 113-124.
 - Zdaniem Doktorantki autorzy, cyt.: „...opracowali strukturę sandwiczową z rdzeniem z piany aluminiowej, która może zostać zastosowana jako materiał zbiornika ciśnieniowego”.
 - Faktycznie natomiast w pracy opracowano struktury sandwiczowe ścian, podłogi i dachu lekkich kontenerów lotniczych, by zapewnić redukcję masy i paliwa. Sugestia Doktorantki dotycząca użycia tych materiałów do budowy zbiornika ciśnieniowego jest zbyt daleko idąca.
- [14] W. Fairbairn. *An Account of the construction of the Britannia and Conway tubular bridges*. 1849.
 - Zdaniem Doktorantki w pracy tej, cyt.: „... opisano zastosowanie struktur sandwiczowych w czasach II Wojny Światowej. Jako przykład ich wykorzystania autor wskazał konstrukcję angielskiego samolotu bojowego de Havilland DH.98 Mosquito (rysunek 10)”.
 - Faktycznie natomiast przytoczona praca dotyczy sandwiczowej konstrukcji dwóch mostów i została opublikowana 44 lata przed II wojną światową. Z kolei samolot Mosquito miał rzeczywiście strukturę sandwiczową (głównie z użyciem różnych rodzajów drewna). Budowa tego samolotu jest opisana w wielu źródłach, w tym np. w: Castanie, B., Bouvet, C., & Ginot, M. (2020). *Review of composite sandwich structure in aeronautic applications*. *Composites Part C: Open Access*, 1, 100004.

W **rozdziale czwartym (Przedmiot badań)** opisano koncepcję zbiornika ciśnieniowego o prostokątnym przekroju poprzecznym, który może zostać zastosowany jako zbiornik wyrównawczy w pneumatycznym systemie zawieszenia drugiego stopnia pojazdów szynowych. W szczególności zaprezentowano budowę zbiornika składającego się z połączonych ze sobą płyt sandwiczowych tworzących płaszczyznę i dwie dennice. Wyróżniono też elementy pośrednie służące do połączenia dennic z płaszczyzną. Przyjęto przy tym, że okładziny płyt wykonane są ze stopu aluminium, a ich rdzeń stanowi pianka aluminiowa. Założono ponadto, iż połączenia płyt będą spawane lub alternatywnie łączono śrubowo (zastrzegając jednak, iż technologia łączenia nie jest przedmiotem pracy). W kolejnym kroku opisano zakres i program badań numerycznych obejmujący statyczną wytrzymałość 36 wariantów sandwiczowych zbiorników ciśnieniowych, w których wysokość wynosiła 200 mm, a długość była jej wielokrotnością (od 200 do 1200 mm), przy ciśnieniu roboczym $p=1\text{MPa}$. Analizowano też wpływ zmiany grubości okładzin płyt sandwiczowych (odpowiednio: 1 mm i 3 mm), na ich wytrzymałość statyczną oraz wpływ grubości rdzenia płyt sandwiczowych na wartości ugięcia oraz maksymalnych naprężeń zredukowanych. Założono, że badania zostaną przeprowadzone dla zbiorników, których płyty sandwiczowe mają całkowitą grubość $h= (20, 25, 30, 35, 40, 45, 50)$ mm. Uwzględniono ponadto wpływ modułu Younga piany metalowej rdzenia. Przyjęto przy tym dwie wartości (odpowiednio: 1600 i 4800 MPa). Dodatkowo analizowano wpływ zastosowania przegród wewnętrznych (jednej, dwóch lub trzech) na wytrzymałość statyczną zbiorników.

Model obliczeniowy zakładał użycie płyty sandwiczowej poddanej badaniom wytrzymałościowym z wykorzystaniem metody elementów skończonych. Do przeprowadzenia analiz użyto oprogramowania Abaqus 6.12-2. Wydzielono komórki z wykorzystaniem funkcji „cell” dla okładzin i rdzenia, nadano im właściwości materiałowe i zdefiniowano warunki obciążenia. Ze względu na symetrię model obliczeniowy ograniczono do ćwierci płyty, co skróciło czas obliczeń oraz ograniczyło moc obliczeniową komputera wymaganą do modelowania. Zdefiniowano też siatkę elementów skończonych w postaci heksagonalnych, 20-węzłowych elementów skończonych drugiego rzędu. Zbiorniki zostały zamodelowane z wykorzystaniem modeli bryłowych i z uwzględnieniem ich symetrii, co zredukowało czas symulacji i potrzeby w zakresie pamięci komputera niezbędną do obliczeń. Przyjęto szczegółowe założenia dotyczące siatek elementów skończonych oraz wybrano moduł ogólnych obliczeń statycznych (ang.: static general) ze względu na możliwość pominięcia efektu bezwładności oraz pełzania.

Rozdział piąty (Wyniki badań) zawiera opis głównych rezultatów uzyskanych przez Doktorantkę w trakcie badań numerycznych, których metodykę opisano w rozdziale poprzednim. Na wstępie dokonano analizy wytrzymałości statycznej płyty sandwiczowej obciążonej ciśnieniem z wykorzystaniem modelu bryłowego i powłokowego. W drugim kroku przeprowadzono obszerne badania numeryczne zbiornika o przekroju poprzecznym z uwzględnieniem kolejno wpływu: wymiarów gabarytowych, modułu Younga rdzenia, grubości okładzin płyt sandwiczowych, grubości rdzenia oraz liczby przegród. Analiza wyników dotyczyła 36 wersji zbiornika, dla których wykonano 481 obliczeń numerycznych. Przyjmując za kryterium wyboru konfiguracji maksymalizację objętości zbiornika przy jednoczesnym utrzymaniu maksymalnych naprężeń zredukowanych Hubera-Misesa. Na podstawie uzyskanych wartości naprężeń i ugięć, dla każdego rodzaju badań określono grupę zbiorników, która spełniała zdefiniowanych warunków wytrzymałościowy $\sigma_{H-M} < 400$ MPa. Jeśli kryterium nie zostało spełnione dla zbiornika bez przegród, to analizowano jego wytrzymałość z przegrodami. W ten sposób przeanalizowano 36 zbiorników poddanych badaniom. Z analizy tej wykluczono wyniki badań, w których zmiana grubości płyt sandwiczowych powodowała zmniejszanie ich pojemności. Wykazano przy tym, iż sandwiczowe zbiorniki o pojemnościach $V < 32$ dm³ nie wymagają stosowania przegród wzmacniających, a w zbiornikach o większych pojemnościach są one konieczne.

Rozdział szósty (Wnioski i podsumowanie) posłużył Autorce do zaprezentowania głównych rezultatów, które posłużyły do udowodnienia tezy i wykazania osiągnięcia celu pracy. Zaprezentowano wyniki modelowania numerycznego pełnego zestawu zbiorników o prostokątnym przekroju poprzecznym, przy uwzględnieniu kryterium maksymalnych naprężeń zredukowanych oraz ugięć płyt sandwiczowych. Tabelarycznie zestawiono wybrane konfiguracje zbiorników przy zastosowaniu kryterium maksymalizacji pojemności zbiornika i spełnieniu warunku wytrzymałości. Zaprezentowano też 13 wyników szczegółowych dotyczących relacji pomiędzy wartościami naprężeń oraz ugięć, a kolejno: gabarytami zbiornika, wartością modułu Younga rdzenia, grubością okładzin, grubością rdzenia i sumaryczną grubością płyt oraz rolą i liczbą przegród. Dodatkowo przeanalizowano możliwość łączenia aluminiowych płyt sandwiczowych technologią spawania.

C. Uwagi krytyczne i sugestie

1. Recenzent podziela opinię, iż tezę udowodniono a cel pracy osiągnięto, w tym zakresie, że opracowano koncepcję oryginalnego zbiornika ciśnieniowego o prostokątnym przekroju poprzecznym z wykorzystaniem aluminiowych struktur sandwiczowych. W tym celu zestaw szczegółowych modeli zbiorników poddano statycznym badaniom wytrzymałościowym metodą elementów skończonych z wykorzystaniem systemu obliczeniowego ABAQUS 6.12-2, analizując wartości maksymalnych ugięć płyt oraz

maksymalne naprężenia zredukowane według hipotezy Hubera-Misesa. Tak zaprojektowane zbiorniki mogą mieć liczne zastosowania.

2. Umiejętnie posłużono się zaawansowaną wiedzą z zakresu metod numerycznych oraz struktur sandwiczowych, a także komponentów pojazdów szynowych, w tym będącą dorobkiem zespołu poznańskiego reprezentowanego przez liczne prace takich autorów jak prof. Krzysztof Magnucki, prof. Ewa Magnucka-Blandzi, prof. Paweł Jasion, dr Damian Goliwás i kilku innych.
3. Szczegółowego rozważenia z branżą kolejową i instytucjami certyfikującymi wymaga natomiast zamysł wykorzystania zbiornika sandwiczowego z rdzeniem z pianki aluminiowej, czyli tzw. AFS (Aluminum Foam Sandwich) w pneumatycznym systemie zawieszenia pojazdów szynowych z następujących powodów:
 - mimo bowiem szerokiego stosowania spawanych zbiorników niskociśnieniowych z blach, nie stosuje się obecnie spawanych paneli warstwowych z rdzeniem z pianki aluminiowej, w tym do budowy prostokątnych zbiorników wyrównawczych (zbiorników ciśnieniowych) do zawieszenia pneumatycznego pojazdów szynowych przy typowym ciśnieniu roboczym 1 MPa. Wynika to z faktu, że **podstawowym wymogiem konstrukcyjnym zbiornika ciśnieniowego jest utrzymanie ciśnienia wewnętrznego, a panele warstwowe są projektowane przede wszystkim z myślą o dużej sztywności zginania, odporności na uderzenia/wybuchy i niskiej wadze w zastosowaniach do konstrukcji bezciśnieniowych (np. podłogi, ściany, komory zderzeniowe).**
 - AFS najlepiej sprawdzają się zatem w przypadku elementów nieciśnieniowych, nośnych lub pochłaniających energię konstrukcji, gdzie w pełni wykorzystuje się ich sztywność i zalety w zakresie odporności na zderzenia. Dlatego przykłady wykorzystania AFS wskazane przez Doktorantkę (sufit pociągu – Rys.12 oraz ściany pociągu – Rys. 13.) są trafne.
 - Liczne przykłady literaturowe dotyczące paneli AFS dobrze charakteryzują z kolei ich zalety i ograniczenia, np:
 - Zhang, J., An, Y., & Ma, H. (2022). Research progress in the preparation of aluminum foam composite structures. *Metals*, 12(12), 2047.
 - Neu, T. R., Heim, K., Seeliger, W., Kamm, P. H., & García-Moreno, F. (2024). Aluminum foam sandwiches: A lighter future for car bodies. *JOM*, 76(5), 2619-2630.
 - Wang, Y., & Liew, J. R. (2015). Blast performance of water tank with energy absorbing support. *Thin-Walled Structures*, 96, 1-10.
 - Banhart, J., & Seeliger, H. W. (2012). Recent trends in aluminum foam sandwich technology. *Advanced engineering materials*, 14(12), 1082-1087.
 - Vidwans, A., Fantuzzi, N., Correia, J. A., & Trovalusci, P. (2024). Comparison between Stiffened Plate and Steel Aluminum Foam Sandwich Panels. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 29(2), 04024001.
 - Renomowani dostawcy zbiorników powietrza do pojazdów, w tym szynowych np.
 - Hande (<https://www.hande.co/brakeparts>),
 - Ferrais (<https://ferrais.com/en/products/>)
 - czy SMTR GROUP (<https://smtrgroup.com/en/product-category/aluminum-air-tank/>)wytwarzają zbiorniki walcowe z blachy stalowej lub aluminiowej.
 - Pobieżny przegląd rozwiązań stosowanych przez renomowanych producentów pojazdów szynowych (np. Alstom, Siemens, Bombardier, Stadler) pokazuje, iż stosowane są głównie układy zawieszenia pneumatycznego wykorzystujące oddzielny cylindryczny, metalowy (blacha stalowa lub aluminiowa) zbiornik wyrównawczy. Uważa się, że taka konstrukcja jest wytrzymała, ekonomiczna i łatwiejsza do certyfikacji jako zbiornik ciśnieniowy.

- Projekty niestandardowe. W nowoczesnych, wysokowydajnych lub ograniczonych przestrzennie pojazdach szynowych (np. metro, tramwaje) producenci coraz częściej poszukują kompaktowych rozwiązań, w tym zbiorników o niestandardowych kształtach (innych niż cylindryczny), w tym o przekroju prostokątnym, ale również wykonanych z blachy aluminiowej.

Wydaje się zatem, że próba wdrożenia zbiornika powietrza wykonanego z paneli AFS w pneumatycznym systemie zawieszenia pojazdów szynowych byłaby trudna, głównie z powodu wyższych kosztów wykonania AFS w porównaniu z blachą, zwiększonej koncentracji naprężeń na płaskich ściankach i narożnikach (w porównaniu ze zbiornikiem walcowym), problemów z uzyskaniem szczelności połączenia piankowej struktury technologią spawania oraz kłopotów z certyfikacją (np. zgodnie z normą EN 286-2). Należy podkreślić, iż **nie dezawuuje to atutów opracowanego przez Doktorantkę nowatorskiego zbiornika, a tylko sugeruje potrzebę wskazania innych obszarów jego aplikacji.**

4. Sposób cytowania publikacji jest niejednorodny, co utrudnia dostęp i ocenę prac, a mianowicie:

- sposób indeksowania cytowanych publikacji powinien być zgodny z wybranym standardem. Przykładowo Google Scholar indeksuje prace w jednym z trzech systemów, czyli MLA (Modern Language Association), APA (American Psychological Association), Chicago Author-Date. Są również inne notacje. Ważne jest, by któryś ze sposobów stosować konsekwentnie. Doktorantka nie stosuje się do tych zasad, przykładowo:
 - przy niektórych pracach podano strony, przy innych (w tym i tych, których współautorką jest Doktorantka) już nie,
 - mylnie podano rok własnej publikacji ([32] Magnucki K., Kustosz J., Goliwias D. Free flexural vibrations of an expanded-tapered sandwich beam. Vibrations in Physical Systems.): jest - 2022, powinno być - 2023. Podobnie z pracą: [1] Ahn, J., Choi, Y., Jo, C., Cho, Y., Chang, D., Chung, H., Bergan, P. Design of a prismatic pressure vessel with internal x-beam structures for application in ships. Ships and Offshore Structures. Jest - 2016, powinno być - 2017,
 - nie ma wydawnictwa o nazwie Wiley (jak w pracy [7]). Jest natomiast o nazwie: John Wiley & Sons,
 - w pracy [14] skrócono tytuł artykułu, jest - An Account of the construction of the Britannia and Conway tubular bridges, powinno być - An account of the construction of the Britannia and Conway tubular bridges, with a complete history of their progress,
 - praca [59] A. Barrett, Pressure Vessel. World Intellectual Property Organization. WO 2011/122960 A1. 2011 jest prawdopodobnie źle indeksowana, bo nie jest dostępna przy użyciu standardowych przeglądarek.
5. Numeracja części rysunków jest niewłaściwa (np. jest - Rysunek 2828, powinno być - Rysunek 28. Podobnie z numerami: 33, 36, 37, 38,..., 43, 51, 52, 53, 56, 57).

OCENA ŁĄCZNEGO DOROBKU NAUKOWEGO DOKTORANTKI

Dorobek publikacyjny Mgr inż. Joanny Kustosz obejmuje 6 artykułów naukowych i jeden rozdział w monografii. Trzy artykuły opublikowano w czasopiśmie ujętych w Journal Citation Reports (JCR). Prace te przygotowano wspólnie z promotorami i współpracownikami oraz opublikowano odpowiednio w:

1. Engineering Transactions, 2022, IF=0.89,
2. Acta Mechanica et Automatica, 2023, IF= 1.32,
3. Vibrations in Physical Systems, 2023, IF= 0.21.

Sumaryczny IF wynosi zatem: 2.42

Pozwala to stwierdzić, iż **łączy dorobek można uznać za wystarczający** w odniesieniu do kandydatów do stopnia doktora w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

PODSUMOWANIE

Przedstawioną pracę o tytule „Trójwarstwowy zbiornik ciśnieniowy o prostokątnym przekroju poprzecznym do zastosowania w pneumatycznym systemie zawieszenia pojazdów szynowych”, przy uwzględnieniu zgłoszonych uprzednio uwag, oceniam całościowo pozytywnie. Postawiona w rozprawie teza została udowodniona, a cel generalnie osiągnięty. Tematyka rozprawy jest aktualna naukowo i aplikacyjnie. Z kolei dorobek naukowy Doktorantki spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

*Mając na uwadze wszystkie wymienione powyżej aspekty stwierdzam, że przedstawiona do oceny praca spełnia wymagania stawiane rozprawom zgodnie z Ustawą z dnia 20. lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r., poz. 1571 z późniejszymi zmianami, w tym zgodnie z art. 190. ust. 3. ww. Ustawy) i **może być podstawą do nadania stopnia doktora nauk technicznych** w dyscyplinie **Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport**. Wnoszę jednocześnie o dopuszczenie recenzowanej rozprawy do publicznej obrony.*

/prof. dr hab. inż. Jerzy KALETA/

