

Recenzja rozprawy doktorskiej pt. *Metoda emisji akustycznej jako narzędzie oceny zmiany parametrów mechanicznych kompozytów cementowo-włóknistych*
autorstwa mgr inż. Anny Adamczak-Bugno

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo Dyrektora Naukowego Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Świętokrzyskiej prof. dr. hab. inż. Jerzego Wawrzeńczyka (L.dz. 34/2021) z dnia 27 maja 2021 r. informujące o uchwale Rady Naukowej Dyscypliny powierzającej mi obowiązki recenzenta i opracowanie opinii rozprawy doktorskiej jak to sformułowano powyżej.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiot recenzji stanowi opracowanie pt. *Metoda emisji akustycznej jako narzędzie oceny zmiany parametrów mechanicznych kompozytów cementowo-włóknistych* autorstwa mgr inż. Anny Adamczak-Bugno, przedstawione Radzie Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Świętokrzyskiej jako rozprawa doktorska. Promotorem pracy jest prof. dr hab. inż. Grzegorz Świt, a promotorem pomocniczym – dr inż. Aleksandra Krampikowska. Rozprawa liczy 262 stron maszynopisu, w tym 228 rysunków i 4 tablice. W rozprawie przytoczono 180 pozycji literatury, w tym – co należy z uznaniem odnotować – pięć publikacji autorstwa lub współautorstwa Doktorantki. Z satysfakcją należy podkreślić, że dwie z nich ukazały się w wysoce renomowanych czasopismach *Materials* (IF=3,920) i *Mathematical Biosciences and Engineering*. Do rozprawy dołączono streszczenia w języku polskim i angielskim.

3. Ocena celowości podjęcia tematu, trafności sformułowania tytułu i tez rozprawy

Na pierwszych stronach rozprawy (str. 1-13) w obszernym *Wprowadzeniu w problematykę pracy* Autorka przekonująco uzasadnia celowość podjęcia tematu, wywodząc genezę od praktyki inżynierskiej, co należy z uznaniem zauważyć. Decydującą przesłankę stanowi rozwój zastosowań elementów celulozowo-cementowych, w szczególności jako płyt elewacyjnych, w zestawieniu ze stwierdzeniem, że wytrzymałość mechaniczna tych płyt po około 15 latach użytkowania ulega obniżeniu nawet o 40%. W tej sytuacji możliwość monitorowania przebiegu tych zmian staje się warunkiem ich bezpiecznego użytkowania. To inżynierskie, a właściwie inżynieryjne spojrzenie prowadzi z kolei do konieczności określenia na poziomie mikrostrukturalnym przyczyn zachodzących zmian i w konsekwencji możliwości pomiaru i oceny zmiany charakterystyki mechanicznej materiału. Aby ocena taka miała sens praktyczny, powinna być dokonana metodami nieniszczącymi. W tym celu Autorka wybrała – jak się okazało słusznie – metodę emisji akustycznej. W tym obszarze: objawy degradacji – przyczyny – dobór nieniszczącej metody pomiaru – wiarygodna ocena zmian charakterystyki mechanicznej materiału należy się dopatrywać problemu naukowego rozprawy. Autorka zarówno we wstępie (str. 15), jak i w podsumowaniu (str. 247) utożsamia problem naukowy z celem pracy i definiuje go jako „ocena zmiany parametrów (lepiej: cech) mechanicznych płyt cementowo-włóknistych pod wpływem oddziaływania czynników środowiskowych i wyjątkowych z zastosowaniem metod nieniszczących”. Takie ujęcie utrudnia ocenę walorów naukowych rozprawy. Tradycyjnie jako cel pracy określa się rozwiązanie problemu naukowego. Ustawa¹ wskazuje, że „rozprawa doktorska powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego”, a zatem problem naukowy powinien być uprzednio zdefiniowany. Jeśli cel zostaje utożsamiony z rozwiązywanym problemem, to jesteśmy niebezpiecznie blisko rozumowania tautologicznego. W tym kontekście ważne ukierunkowanie sformułowania problemu naukowego stanowi tytuł rozprawy. Pewną wątpliwość budzi tu jednakże fraza „narzędzie oceny zmiany parametrów”. Czy narzędzia może służyć do oceny, a nie tylko do pomiaru? „Pomiar” i „ocena wyniku pomiaru” to dwa odrębne działania, często w nauce celowo oddzielane.

Tytuł rozprawy określa również przedmiot badań: „kompozyty cementowo-włókniste”; określenia tego użyto nadmiarowo. Zbiór tak określonych kompozytów jest znacznie szerszy niż tylko celulozowe, mogą to być np. włókna szklane, aramidowe czy też stalowe. Ponadto

¹ Ustawa z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (z późniejszymi zmianami)

należy zauważyć odwrócenie kolejności; powinno być kompozyty włóknisto-cementowe, a nawet włóknocementowe. Sformułowanie tez w rozprawie doktorskiej nie jest obecnie ustawowo wymagane, niemniej jest szlachetną tradycją. Z uznaniem należy odnotować, że w rozdziale 2.3 zatytułowanym *Hipotezy pracy* Autorka sformułowała pięć myśli wiodących. Trafnie też nazwała je hipotezami ze względu na ich roboczy charakter i zawartą w tym sformułowaniu „mobilizację” do udowodnienia. Niemniej już w pierwszym zdaniu tego rozdziału przywrócono tradycyjne brzmienie – tezy. Pokazując tym samym – niezupełnie słusznie – że pojęcia te są traktowane zamiennie. Tezy te – o różnym stopniu ważności – uszeregowane w porządku zadania badawczego, moim zdaniem dobrze odzwierciedlają problem naukowy zakłęty w rozprawie. Polemiczną uwagę nasuwa sformułowanie tezy pierwszej, która brzmi: „Niektóre czynniki eksploatacyjne – cykliczne zamrażanie-rozmrażanie, działanie płomienia ognia i oddziaływanie wysokiej temperatury – powodują zmianę struktury wewnętrznej płyt cementowo-włóknistych”. Pytanie to czy rzeczywiście tylko **niektóre** czynniki powodują zmianę ... czy nie jest to tylko kwestia różnic w szybkości przebiegu procesów destrukcji.

4. Ocena poprawności wnioskowania naukowego

Praca przedstawia wyraźnie zarysowaną ideę badawczą, logicznie uporządkowaną i z wielką determinacją realizowaną i dokumentowaną. Odnosi się to zarówno do części studialnej (rozdz. 3), w której Autorka przedstawia kompozyty celulozowo-cementowe jako obiekt przyszłych badań oraz analizuje różne nieniszczące metody diagnostyczne w aspekcie ich potencjalnej przydatności do oceny zmian stanu kompozytu wywołanych użytkowaniem, jak i do części badawczej, w której przedstawiono wybrane metody badań (rozdz. 4) oraz wyniki pomiarów i ich interpretacje (rozdz. 5). Równocześnie prezentowana w rozprawie idea badawcza nie znalazła w niej swego odpowiednika w postaci graficznej – ideogramu lub lepiej – algorytmu programu badawczego. Pozwoliłoby to bardziej docenić ładunek intelektualny zakłęty w rozprawie i sprawniej nadażać za Autorką. Jest to tym istotniejsze, że postawione zadania badawcze należy ocenić jako trudne, a zamierzenia naukowe, w tym zbudowanie bazy wiedzy (str. 15 i 16) na podstawie badań własnych, jako ambitne. Tym bardziej szkoda, że w odniesieniu do zagadnień bardziej szczegółowych Doktorantka przedstawiła interesujące diagramy np. rys. 4.1 i 4.2.

W toku rozprawy, analizując rolę włókien celulozowych w kompozycie cementowym, mają miejsce częste odwołania się do pojęcia „wiązanie”. Na str. 17 znajdujemy wręcz stwierdzenie, że „Włókna celulozowe zapewniają [...] zdolność wiązania matryc cementowych”, a także „rolą włókien celulozowych jako wzmocnienia jest zapewnienie odpowiedniego wiązania międzyfazowego między zbrojeniem a matrycą”. Wynikałoby z tych stwierdzeń, że włókno celulozowe zapewnia wiązanie matrycy cementowej, a także uczestniczy w wiązaniu „matryca-włókno”. Na stronie 19., tytułem komentarza podano, że „wiązanie” jest utożsamiane ze stopniem „przylegania do matrycy”. W technologii zapraw i betonów cementowych „wiązanie” spowodowane jest reakcjami chemicznego uwodnienia, hydrolizy, a także karbonatyzacji, które mogą i przebiegają bez udziału włókien celulozowych. Sprawa wymaga wyjaśnienia ze względu na istotność (rola włókien) tego problemu dla przedstawionych rozważań.

Zbiór płyt celulozowo-cementowych stanowiących ciała próbne został podzielony (str. 55-57) na trzy grupy: A, B, C. W każdej z grup wydzielono 14 przypadków badawczych w zależności od oddziałującego czynnika agresywnego. Brak danych o liczebności grup i przypadków badawczych, jak również brak danych według jakich kryteriów wydzielono grupy A, B, C; czy losowo? Na str. 55 znajdujemy stwierdzenie, że – zdaniem Autorki – „przyjęte do badań serie od A do C są reprezentatywne”. Brakuje jednakże uściślenia do jakiej populacji generalnej można tę reprezentatywność odnieść, zabrakło również podania wartości krytycznych deskryptorów opisujących przejście klasowe w procesie destrukcji kompozytu (str. 65). Jeśli w miejsce nazw klasa 1, klasa 2, klasa 3 i 4 użyć formy opisowej, to nasuwają się wątpliwości odnośnie do trafności przeprowadzonych interpretacji. Na przykład na str. 80: „Analizując klasy sygnałów AE wstępujące w analizowanych przebiegach próbek A_{11} - A_{14} stwierdzono, że brak sygnałów klasy 1 w początkowej fazie badania świadczy o możliwości występowania miejscowo **osłabionej struktury**”. A przecież klasa 1 to „inicjacja pęknięć” (str. 65); dlaczego **brak** sygnałów *o inicjacji pęknięć* miałby świadczyć o miejscowo osłabionej strukturze. Podobnie „brak w zarejestrowanych zdarzeniach sygnałów klasy 3 i 4 wyraźnie wskazuje na uszkodzenie włókien zbrojących lub możliwość wystąpienia w strukturze materiału delaminacji i pustek.”. A przecież klasa 3 to właśnie „delaminacja materiału” (str. 65). Czy należy przez to rozumieć, że jeśli nie rejestrujemy sygnałów danej klasy, to właśnie zjawiska przypisanej tej klasie występują (podobnie w innych miejscach, np. str. 95)? Na str. 95 stwierdzono również odmienne zachowanie próbek z różnych serii (zwłaszcza A) poddanych działaniu czynników wyjątkowych. Zauważony uprzednio brak informacji o kryteriach podziału na grupy A, B i C nie pozwala sformułować hipotezy o przyczynach tych zróżnicowanych reakcji. Nie podano także przyczyn zróżnicowania czasu

obserwacji (rys. 5.1-5.42), który w poszczególnych seriach wynosił: A 800 – 1200 s, B 600 – 4000 s i C 300 – 1500 s. Czy to jest czas do momentu zniszczenia? Jaki był obraz zniszczenia: jeśli się kończyło „na niebiesko” – delaminacja, a jaki na żółto – zerwanie włókien, zniszczenie materiału.

Trudno zrozumiałą jest opis rysunków 5.43-5.84 przedstawiających analizę częstotliwości. Jeśli przyjąć, że opis osi Y na rysunkach serii „a” oznacza maksymalnie $10E4$ kHz, tzn. $10 \cdot 10^4$ czyli 10^5 kHz, to wówczas na rysunkach serii „b” maksymalne częstotliwości wynoszą 10^3 kHz, a więc są stukrotnie niższe. Podczas gdy z podpisu pod rysunkami wynikałoby, że rysunki te różnią się jedynie „uszczegółowieniem zakresu częstotliwości przed momentem zniszczenia”.

Wniosek (str. 125) o uzyskaniu istotnych różnic w emitowanych częstotliwościach jest opisowy; ta istotność nie została potwierdzona analizą statystyczną. Ostrość tego stwierdzenia znakomicie kompensuje analiza statystyczna otrzymanych wyników przedstawiona w rozdziale 5.3. Analizę statystyczną przeprowadzono za pomocą profesjonalnego programu IBM SPSS Statistics 26. W wyniku przeprowadzonej analizy ustalono (str. 191-193; 202-207; 213-215) łącznie (A, B, C) imponującą liczbę 150 korelacji. Nie nazwano jednak estymatorów Speermiana (ρ , p) i nie zwrócono uwagi, że wśród tych 150 korelacji przyjmują one krańcowo wartości p : 0,180-0,809; p : 0,000-0,049. Przedstawiono również drzewa sygnalizacyjne sygnałów (str. 216-223). Wiodącymi pojęciami są tutaj „średnia moc sygnału” i „średni czas trwania sygnału”, jednakże nie zostały one stosownie objaśnione.

Bardzo obszerna analiza statystyczna została przeprowadzona w założeniu jako weryfikacja hipotez zawartych w pracy (rodz. 5.3, str. 76) i w szerokim rozumieniu może być tak traktowana. W konsekwencji jednakże, w odniesieniu do hipotez formalnie przedstawionych w rozdz. 2.3, zabrakło we wnioskach (str. 247-248) stwierdzenia, czy tezy te zostały dowiedzione. Ostatnie zdanie (str. 241) rozdziału *Wyniki badań własnych* informuje, że „analiza widm [...] umożliwiła prawidłowe podjęcie decyzji o tym, czy i jak należy je naprawiać”. Uważam, że zwłaszcza w zakresie „jak należy naprawiać” jest to stwierdzenie znacznie wykraczające poza zakres pracy. W rozprawie (str. 243-245) zamieszczono również projekt „metodyki oceny stanu eksploatowanych płyt cementowo-włóknistych”. Zważywszy, że metodyka to zbiór zasad, to przedstawiono raczej „metodę” czyli sposób postępowania. Sposób ten przedstawiono w postaci bardzo rozbudowanego algorytmu, w efekcie uzyskując trzy nowe kategorie: „nieistotna zmiana”, „istotna zmiana” i „krytyczna zmiana” – wcześniej nie rozważane w rozprawie. Z uznaniem należy odnotować, że ostatni rozdział rozprawy (rodz. 7.3, str. 249) to proponowane kierunki badań. Jak stwierdza Autorka, płyty włóknisto-cementowe (sic!) odznaczają się ogromnym potencjałem (domyślnie –

badawczym i aplikacyjnym); zważywszy ten potencjał, uważam, że kontynuacja tej tematyki jest konieczna.

5. Ocena redakcji naukowej

Rozprawa pod względem estetycznym wywiera bardzo korzystne wrażenie, niemniej zawiera stosunkowo dużo niedoskonałości w aspekcie redakcji naukowej. Brak wykazu używanych symboli i jednostek, a nie wszystkie spośród licznie stosowanych symboli są objaśnione w tekście. Ponad 200 numerowanych rysunków (rys. 5.1 – 5.202) nie zostało w całości przywołanych w tekście. Związek z treścią tekstu jest jedynie zaznaczony lokalizacją rysunku. Utrudnia to percepcję przekazywanych myśli, zwłaszcza w części dotyczącej analizy statystycznej (rys. 5.127 i następne).

Kolejne uwagi dotyczące redakcji naukowej, głównie terminologii, przedstawiono poniżej w takim porządku, jak się nasuwały przy studiowaniu dzieła.

- Sformułowanie (str. 11): „po upływie około 5 lat, reakcje węgla z produktami hydratacji” jest niepoprawne, jako że węgiel jest pierwiastkiem (koloru czarnego) i trudno dopuścić, aby powstał (nawet po pięciu latach) w płytach i reagował z produktami hydratacji.
- W treści rozprawy termin „struktura” jest używany w znaczeniu „mikrostruktura”, natomiast w rozdz. 5.2 *Wyniki analiz mikroskopowych* ryciny są opisane „mikrostruktura” – trafnie, a w części opisowej użyto terminu „makrostruktura” – nietrafnie.
- W treści rozprawy używa się terminu „masa”, np. „masa włóknista” (str. 17, 18, 19, 22 i dalej) w znaczeniu „mieszanka”; masa to miara bezwładności.
- „Zjawisko to powiązane z krystalizacją wapnia w prześwicie” (str. 27) – czy rzeczywiście? Wapń to pierwiastek.
- „Pełna mineralizacja” (str. 27), „rogowacenie włókien” (str. 30) – należałoby te terminy wyjaśnić.
- „Nadmiar portlandytu jest pożądanym w betonach zbrojonych stalą nierdzewną” (str. 28) – obserwując na budowach skorodowane pręty zbrojeniowe, można by sądzić, że zbrojenie ze stali odpornej na korozję jest stosowane raczej rzadko; jakkolwiek Eurokod2 (pkt. 4.3) dopuszcza taką możliwość.
- „Rozwój i propagacja pęknięć” – należałoby sprecyzować czym te zjawiska się różnią.

- Rozróżnienie „próbek wypalanych” i „próbek podpalanych” (np. str. 161) wymaga zdefiniowania.

6. Podsumowanie – wniosek końcowy

Zgodnie z Ustawą z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (z późniejszymi zmianami) rozprawa doktorska powinna stanowić **oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata, a także umiejętność prowadzenia pracy naukowej.**

Wiele stwierdzeń w tej recenzji przybrało formę pytającą lub wręcz kończy się znakiem zapytania. Wynika to stąd, że studiując to wieloaspektowe dzieło, zacząłem podświadomie traktować ocenianą Autorkę jak partnera naukowego. Zauważyłem już też w recenzji, że inne ujęcie niektórych fragmentów rozprawy (por. rozdz. 4. recenzji) pozwoliłoby sprawniej nadszarpnąć za wywodem Doktorantki. Mam też wrażenie, że wobec wielości nagromadzonych zagadnień „Autorka wyprzedza samą siebie”. Stąd stała tendencja do wprowadzania nowych kategorii, nie zawsze wystarczająco zdefiniowanych i wynikających z dotychczasowych rozważań. Oczywiście nie zawsze też mogłem podzielać optymizm i entuzjazm Doktorantki, a pamiętając o funkcji recenzenta, starałem się ograniczać podziw dla dynamiki i niecierpliwości badacza.

Niemniej – mimo wielu uwag polemicznych, a nawet zdecydowanie krytycznych – z przekonaniem stwierdzam, że pani mgr inż. Anna Adamczak-Bugno wykazała się ogólną wiedzą teoretyczną i umiejętnością pracy naukowej, a przedstawiona rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Reasumując, stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska mgr inż. A. Adamczak-Bugno pt. „Metoda emisji akustycznej jako narzędzie oceny zmiany parametrów mechanicznych kompozytów cementowo-włóknistych” spełnia wymagania przewidziane Ustawą z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z późniejszymi zmianami.

