

Warszawa, dnia 29. sierpnia 2025 r.

prof. dr hab. inż. **Robert Kowalski**
Politechnika Warszawska
Wydział Inżynierii Lądowej
Instytut Inżynierii Budowlanej

Recenzja rozprawy doktorskiej mgra inż. El Mehdi Abloui
pt.
„Structural Behavior of Sandwich Panels Under Fire Conditions”
(Zachowanie się paneli warstwowych w warunkach pożaru)

1. Formalna podstawa recenzji

Recenzję sporządzono na podstawie zawiadomienia, wystawionego w dniu 18. czerwca 2025 r. przez Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej – prof. dra hab. inż. Jacka Pielechę (pismo RD/d/47/01/2025), w którym Przewodniczący wykonując uchwałę Rady z dnia 17. czerwca 2025 r., zwrócił się do autora z prośbą o zrecenzowanie rozprawy doktorskiej mgra inż. El Mehdi Abloui pt. *Structural Behavior of Sandwich Panels Under Fire Conditions (Zachowanie się paneli warstwowych w warunkach pożaru)*. Recenzent podjął się wykonania powierzonego mu zadania, potwierdzając to listem elektronicznym z dnia 30. czerwca 2025 r. oraz podpisując stosowną umowę.

Postępowanie jest prowadzone zgodnie z art. 190, ust. 3. Ustawy z dnia 20. lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. u. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.).

Merytoryczną podstawę recenzji stanowi, liczący 177, stron wydruk tekstu rozprawy, napisanego w języku angielskim, przekazany autorowi wraz z wskazanym wyżej zawiadomieniem oraz dostarczony nieco później plik pdf tożsamy z wydrukiem.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy, wstępna ocena i uwagi

Recenzowana **rozprawa doktorska dotyczy zachowania się paneli warstwowych w warunkach pożaru**. Zagadnienie to może mieć kluczowe znaczenie podczas oceny bezpieczeństwa obiektów budowlanych oraz bezpieczeństwa ich użytkowników w przypadku wystąpienia w obiektach pożaru. **Temat ten jest ważny i doskonale wpisuje się w ramy dyscypliny naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.**

Jak już wskazano wyżej, rozprawa została napisana w języku angielskim. Jej zasadniczy tekst zajmuje 133 strony i jest podzielony na 6 rozdziałów, przed którymi znajdują się:

strona tytułowa, podziękowanie autora, streszczenia w języku angielskim i polskim, spis treści oraz wykaz kluczowych oznaczeń. Po zasadniczym tekście rozprawy zamieszczono: liczący 78 pozycji spis literatury (przedstawiono je w kolejności cytowania w tekście, bez podziału na np. publikacje naukowe, normy, wytyczne, itp.), spisy rysunków, spis tabel, oraz trzy załączniki.

Rozdział pierwszy rozprawy, zatytułowany *Wprowadzenie* zajmuje 7 stron i jest podzielony na aż pięć podrozdziałów. Autor podaje w nich podstawowe informacje o panelach warstwowych, materiałach, z których są wykonywane te panele, ich zastosowaniu oraz o modelowym przebiegu pożaru i odporności ogniowej paneli. Zasadniczym celem omawianego rozdziału jest jednak przedstawienie motywacji autora, wskazanie „luk” w aktualnym stanie wiedzy oraz sformułowanie tez rozprawy, nazwanych w omawianym tekście *hipotezami*.

Autor sformułował dwie tezy (które w niedosłownym tłumaczeniu recenzenta brzmią):

- Na podstawie wyników badań materiałów, znajomości geometrii i sposobu wykonania jest możliwe prognozowanie odporności ogniowej paneli warstwowych oraz ekstrapolowanie wyników badań ogniowych na inne warunki brzegowe.
- Jest możliwe wskazanie grupy parametrów mających istotny wpływ na odporność ogniową płyt warstwowych.

Powyższe tezy wydają się oczywiste i skłaniają do stwierdzenia, że zostały sformułowane „na siłę”, zgodnie z zasadą, że „rozprawa doktorska powinna mieć tezy”. Recenzent nie podziela tego poglądu. Zamiast oczywistych, ogólnych tez, raczej należało jasno i jednoznacznie określić cele rozprawy. Autor uczynił to w omawianym rozdziale, ale w sposób ukryty.

Wadą omawianego rozdziału jest, iż pomimo tego, że Autor jednoznacznie odróżnia w tekście (str. 12 i 13) panele z wypełnieniem bardzo słabo odpornym na działanie temperatury pożarowej (*EPS (Expanded Polystyrene)*, *XPS (Extruded Polystyrene)*, *PUR (Polyurethane)*, *PIR (Polyisocyanurate)*, and *PF (Phenolic Foam)*) oraz z wypełnieniem odpornym na wysoką temperaturę (z wełny mineralnej), recenzentowi nie udało się odnaleźć w tekście jednoznacznego wskazania, jakiego rodzaju paneli ma dotyczyć rozprawa. Na podstawie informacji, że w rozprawie będą rozpatrywane parametry wełny mineralnej można wnioskować, że rozprawa będzie dotyczyła paneli z wypełnieniem z wełny. Tę kluczową informację należało jednak podać wprost – jasno i jednoznacznie. W omawianym rozdziale brakuje też wyjaśnienia, czy rozprawa będzie dotyczyła paneli ściennych, czy dachowych, czy i jednych i drugich. W zasadzie powyższe informacje należało zawrzeć już w tytule rozprawy (por. uwagi 3.1.1).

Ostatni podrozdział omawianego rozdziału – *Układ badań (Layout of the research)* ma charakter (już drugiego streszczenia pracy) i wydaje się niepotrzebny. Zamiast omawiania, co znajduje się w kolejnych rozdziałach (streszczania), raczej należało

jednoznacznie określić zakres rozprawy, wskazując jednoznacznie czego będzie ona dotyczyła, a co Autor świadomie pominął.

Drugi rozdział rozprawy, zatytułowany *Przegląd literatury* (*Literature review*) zajmuje 31 stron i jest podzielony na sześć podrozdziałów. W pierwszym z nich Autor podaje podstawowe informacje na temat rodzaju paneli oraz ich produkcji.

W drugim, zatytułowanym *Zachowanie płyt warstwowych w warunkach pożarowych* (*Fire behavior of sandwich panels*) Autor przechodzi do treści odpowiadających tytułowi podrozdziału dopiero na siódmej (z dziewięciu) stronie omawianego podrozdziału (str. 28 rozprawy). Wcześniej są omawiane zagadnienia przebiegu pożaru oraz badania odporności ogniowej elementów. Należy więc odnotować, iż tytuł omawianego podrozdziału nie w pełni odpowiada jego treści. Niefortunne jest też, że Autor „wspólnie” omawia „zachowanie się” w warunkach pożarowych paneli jako takich, nie rozróżniając, czy mają one wypełnienie z materiału odpornego na działanie wysokiej temperatury, czy z materiału, który takiej odporności nie ma praktycznie wcale.

W podrozdziale trzecim Autor przedstawia kluczowe normy i omawia metody badania odporności ogniowej elementów, a w czwartym właściwości „ogniowe” materiałów wykorzystywanych do wykonania paneli: powłok zewnętrznych, okładzin, środków zapewniających adhezję (klei) oraz rdzeni. Opisy są ciekawe, aczkolwiek wydaje się, iż w podpisie rysunku 12 (str. 37) zamiast słowa *mineral*, powinno występować słowo *stone*. Niezbyt fortunne jest też, iż „mniej więcej w połowie podrozdziału 2.4 „nagle pojawiają się podpunkty 2.4.1 i 2.4.2. Dotyczą one właściwości termicznych wełny mineralnej i dyfuzyjności materiałów porowatych. Podrozdział 2.5 dotyczy natomiast modelowania właściwości termomechanicznych paneli warstwowych.

Ostatni podrozdział omawianego rozdziału to jego podsumowanie (2.6 *Summary of literature review*). Z przykrością należy tu zauważyć, iż Autor zamiast rzeczywiście podsumować przedstawione wcześniej ciekawe opisy, podając np. w kilku punktach kluczowe wnioski i spostrzeżenia wynikające z aktualnego stanu wiedzy, ograniczył się do przedstawiania (trzeciego już) krótkiego streszczenia tego czego dotyczy omawiany rozdział.

Rozdział trzeci zatytułowany *Eksperymentalne i numeryczne badania właściwości termicznych wełny mineralnej* (*Experimental and numerical investigation on the thermal properties of mineral wool*) zajmuje 14 stron i jest podzielony na siedem podrozdziałów. Pierwszy z nich to krótkie wprowadzenie. Autor m.in. wyjaśnia w nim, iż podstawowe znaczenie ma dyfuzyjność termiczna wełny mineralnej. Stosowanie tej nazwy materiału jest jednak nieprecyzyjne w kontekście informacji podanej wcześniej (w pkt. 2.4 na str. 36), wg której określenie „mineralna” obejmuje trzy rodzaje wełny: szklaną, żuźlową i kamienną. Można się jednak domyślać, iż dalsze rozważania prowadzone w omawianym rozdziale będą dotyczyły wełny kamiennej.

W podrozdziałach drugim, trzecim i czwartym Autor opisuje zasady przeprowadzonego eksperymentu mającego na celu określenie dyfuzyjności termicznej wełny mineralnej (kamiennej) o gęstości 114 kg/m^3 , wyciętej z płyty warstwowej. Zbadano trzy próbki. W dwóch z nich włókna były ułożone prostopadłe do kierunku przepływu ciepła (tak jak w rzeczywistych panelach) i jedną z włóknami ułożonymi do tego kierunku równolegle.

W podrozdziale 3.5 są prezentowane uzyskane wyniki: pomiarów temperatury i obliczonej dyfuzyjności termicznej badanego materiału (ostateczne podsumowanie uzyskanych wyników znajduje się na rys. 26 i 27, str. 58 i 59), a w 3.6 – walidacja uzyskanych wartości. Podrozdział 3.7 to *Podsumowanie i wnioski*. Niestety Autor „znowu” zamiast podania np. w punktach kluczowych wniosków, w zasadzie ograniczył się do przedstawienia krótkiego streszczenia rozdziału.

Czwarty rozdział rozprawy ma „niedokończony” tytuł *Eksperymentalne i numeryczne badania zachowania cieplnego* (*Experimental and numerical investigation on thermal behavior*). Od razu nasuwa się pytanie: ... zachowania cieplnego czego? Na podstawie tytułu pracy można się oczywiście domyślać, czego będzie dotyczył tekst, ale w rozprawie naukowej tytuły rozdziałów powinny być formułowane precyzyjnie. Omawiany tu rozdział zajmuje 26 stron i jest podzielony na 6 podrozdziałów. Pierwszy z nich to krótkie wprowadzenie, niestety, znowu mające charakter jedynie streszczenia (por. też uwagi 3.1.3 i 3.1.4)

W podrozdziałach 4.2 i 4.3 Autor opisuje **stanowisko do badań eksperymentalnych oraz badania**, przeprowadzone w dużej skali. Zrealizowano je w Instytucie Techniki Budowlanej w Warszawie. Czytelnik „dopiero teraz”, „będąc” na ok. 65. stronie rozprawy dowiaduje się, że badano, a więc najprawdopodobniej również rozprawa dotyczy nieobciążonych paneli ściennych (a nie dachowych). Opisy (podane w podrozdziale 4.2) są niefortunne. Na przykład w opisie badań – *Test 1'*, *Test 2'*, and *Test3'*, na jednym „z pierwszych miejsc” została podana informacja, że użyto wkrętów samo-wiercących średnicy 5.5 mm. Czy jest to informacja kluczowa? Raczej nie. Należało część opisów i część rysunków przenieść do załącznika, a w zasadniczym tekście rozprawy podać naprawdę kluczowe informacje tak, aby m.in. „od razu” było wiadomo jakie są podobieństwa i jakie różnice między poszczególnymi badaniami (testami 1 – 4). Zmuszanie czytelnika do wyszukiwania podobieństw i różnic na rys. 30 – 34 jest wręcz irytujące. Warto było też zamieścić w zasadniczym tekście rozprawy przynajmniej jedną fotografię omawianego stanowiska. Fotografie są wprawdzie podane w Załączniku C, ale czytelnik dowiaduje się o tym dopiero „pod koniec” podrozdziału 4.2. Ponadto w omawianym tekście recenzentowi nie udało się odnaleźć informacji, jaka była rola Autora w realizacji omawianych badań. Czy był On ich np. kluczowym, czy pomocniczym wykonawcą? Czy może był jedynie obserwatorem? A może Autor tylko wykorzystał wyniki badań, przeprowadzonych przez inne osoby? Podrozdział 4.3 to w zasadzie tylko jedna tabela zawierająca opisy badań. Podobnie jak

wskazano wyżej, Autor znowu „zmusza czytelnika do wyszukiwania podobieństw i różnic między poszczególnymi badaniami (testami 1 – 4). **Podsumowując**, należy zauważyć, iż Autor opisał ciekawe, trudne do wykonania i ważne badania, ale **niezbyt dobrze poradził sobie ze sporządzeniem opisu tych badań** (por. uwaga 3.1.6).

Podrozdział 4.4 (*Numerical modelling of thermal behavior*) dotyczy modelowania numerycznego zachowania termicznego. Niestety w tytule, znowu nie podano czego. No i czy należy się spodziewać jedynie obliczeń przepływu ciepła, czy może jednak jeszcze „odpowiedzi” mechanicznej badanych elementów? Po lekturze ok. dwóch stron tekstu czytelnik dowiaduje się, że w omawianym podrozdziale przedstawiono jedynie opis procedur modelowania przepływu ciepła w badanych elementach za pomocą programu ABAQUS. Wyniki są natomiast (najprawdopodobniej) podane w **kolejnym podrozdziale (4.5 Thermal analysis results)**. Rozpoczyna go krótki wstęp, za którym znajduje się podpunkt (4.5.1 *Experimental results*) dotyczący wyników badań eksperymentalnych. W podpunkcie tym, w zasadzie nie ma jednak żadnych analiz (co nie odpowiada tytułowi podrozdziału 4.5), a są jedynie podane wyniki pomiarów temperatury. Trzeba jednak przyznać, iż są one tu uporządkowane oraz „wreszcie”, w nagłówkach opisów podano kluczowe podobieństwa i różnice między poszczególnymi badaniami (testy 1 – 4), czego zdecydowanie brakowało we wcześniejszych podrozdziałach 4.2 i 4.3. Podsumowanie uzyskanych wyników przedstawiono na rys. 44 (str. 82) oraz w części tekstu dotyczącej tego rysunku. Jest ono ciekawe i cenne (ale por. też uwaga 3.3.7). W tekście brakuje jednak ogólnego (np. w tablicy) zestawienia, kiedy w poszczególnych badaniach, po nieogrzewanej stronie elementu odnotowano występowanie płomieni lub dymu. Informacje te są podane w sposób ukryty. Drugi podpunkt omawianego podrozdziału (4.5.2 *Numerical results*), według tytułu, dotyczy wyników obliczeń. W punkcie tym podano jednak porównanie wyników badań i obliczeń (rys. 48 – 50, str. 85 – 87). Podane informacje są cenne i ważne. **Podsumowując**, należy zauważyć, iż Autor przedstawił ciekawe i ważne porównanie wyników badań i obliczeń, ale **niezbyt dobrze poradził sobie ze sporządzeniem opisu** wykonanej pracy (por. uwaga 3.1.7).

Ostatni podrozdział (4.6) omawianego rozdziału to *Podsumowanie i wnioski*. Niestety Autor „znowu” rozpoczyna go od streszczenia tego, co jest w tekście rozdziału. Niefortunne jest też odwołanie się w podsumowaniu do Załącznika B (str. 89, trzecia linia od góry). Jeżeli w załączniku jest coś naprawdę ważnego, to trzeba to było zamieścić i uwypuklić w zasadniczym tekście rozprawy, a następnie odwoływać się do tego tekstu. Ponadto recenzentowi nie udało się odnaleźć w tekście uzasadnienia do przedstawienia w podsumowaniu stwierdzenia, że dodatkowo należy podkreślić wpływ naprężenia i odkształcenia konstrukcji na jej zachowanie się termiczne (*Additionally, highlight the effect or influence of stress strain of the structure on thermal behavior*; koniec drugiego od dołu akapitu, na str. 89).

Piąty rozdział rozprawy, podobnie jak czwarty, ma „niedokończony” tytuł *Ocena odpowiedzi termomechanicznej i analizy metodą elementów skończonych* (*Thermomechanical evaluation and finite element analysis*). Znowu nasuwa się pytanie: Ocena, ale czego? W rozprawie naukowej tytuły rozdziałów powinny być formułowane precyzyjnie. Omawiany tu rozdział zajmuje 51 stron i jest podzielony na 6 podrozdziałów.

Pierwszy z nich to krótkie wprowadzenie, niestety znowu mające charakter streszczenia (por. też uwagi 3.1.3). Czytelnik dowiaduje się z niego, że rozdział będzie dotyczył porównań wyników pomiarów i analiz numerycznych poziomego przemieszczenia (*displacement*) badanych paneli oraz powstałych w nich pod wpływem wysokiej temperatury naprężeń.

Podrozdział drugi dotyczy deformacji badanych paneli. Autor na rysunkach przedstawia wykresy przemieszczeń poszczególnych punktów badanych paneli, a w tekście opisuje to, co znajduje się na wykresach. Niefortunne jest, że aby przypomnieć sobie rozmieszczenie punktów pomiarowych, czytelnik musi cofnąć się o ok. 20 stron, do rys. 37 i 38. Ponadto (jak już wskazywano wcześniej w odniesieniu do innych rysunków) niefortunne jest niepotrzebne powtarzanie w legendach rysunków tego samego tekstu (*Experimental Test – Point ...*). Przecież wszystkie wykresy dotyczą wyników badań. Ponadto lepiej byłoby, gdyby liczby określające czas, odkładane (w sekundach) na osi poziomej wykresów były wielokrotnością „okrągłej” liczby minut (por. uwaga 3.3.1).

Podrozdział trzeci to opis parametrów rozpatrywanych podczas analiz termomechanicznych, a podrozdział czwarty – modelowania numerycznego. Rozpatrzono dwa modele: ... *represented as a layered shell structure* oraz *3D solid representation of the MW material with 2D shells for the steel*. Po ok. trójstronicowym nienumerowanym wstępie, w tekście występują trzy podpunkty dotyczące: (1) analizy przemieszczeń wybranych miejsc paneli (*5.4.1 Analysis of panels displacement under thermal and boundary effects*), (2) modelowania połączenia blachy z wypełnieniem panelu (*5.4.2 Modelling methodology and numerical simulation framework*), wykorzystując do tego wyniki badań zaczerpnięte z piśmiennictwa i wyniki badań własnych oraz (3) graficznych prezentacji omawianych modeli (*5.4.3 Model configuration and graphical representations*). Przedstawione analizy są ciekawe, ale z przykrością należy odnotować, iż sposób ich opisanie przez Autora pozostawia sporo do życzenia. Opisy i wyniki badań niefortunnie przeplatają się z wynikami obliczeń i analiz. Niełatwo jest rozszyfrować, które wyniki pochodzą z badań własnych, a które zaczerpnięto z piśmiennictwa. W podpisach rysunków oraz w nagłówkach tabel w ogóle nie ma mowy na ten temat. Nie wiadomo też, jaki był udział autora rozprawy w przygotowaniu i wykonaniu badań prezentowanych w rozprawie jako „niezaczerpnięte” z piśmiennictwa.

W podrozdziale 5.5 (*Numerical and experimental displacement results*) Autor przedstawia porównanie wyników pomiarów i obliczeń przemieszczeń paneli badanych w *Testach 1 i 2*. Na (rys. 75 - 94) wykresach, oddzielnie są przedstawione przemieszczenia poszczególnych punktów pomiarowych, a w tekście znajduje się opis tego, co można zauważyć na rysunkach. Prezentowane wyniki są cenne i ciekawe. Brakuje jednak uogólnień. Ponadto Autor, jak się wydaje, wymaga od czytelnika, aby ten znał na pamięć rozmieszczenie poszczególnych punktów pomiarowych. Jest ono wprowadzone podane w pracy, ale w zupełnie innym (odległym) miejscu.

Ostatni podpunkt omawianego rozdziału to *Podsumowanie i wnioski* (5.6 *Summary and conclusions*). Brakuje w nim jednak rzeczywistego (np. w kilku punktach) podsumowania kluczowych spostrzeżeń poczynionych na podstawie wykonanej przez Autora obszernej, ciekawej analizy.

Ostatni, szósty rozdział rozprawy to *Wnioski* (Conclusions). Zajmuje on 4 strony, nie jest podzielony na podpunkty, lecz jego poszczególne części są wyróżnione tytułami.

Na początku znajdują się *Główne wnioski* (*Main conclusions based on the conducted research*). Autor przedstawił tu dwa podpunkty, poprzedzając je niepotrzebnym, zarozumiałym stwierdzeniem, że *Wyniki potwierdzają i rozwijają hipotezy sformułowane na początku pracy* (*The outcomes confirm and address hypotheses formulated at the beginning of the study*). Lepiej byłoby, gdyby Autor pozostawił dokonanie takiej oceny czytelnikom i recenzentom.

Pierwszy podpunkt wniosków dotyczy pierwszej z postawionych tez (przyczonej na 2 str. recenzji). Postawiona przez Autora teza została potwierdzona w rozprawie, ale w dużym stopniu dlatego, że (jak wskazano wcześniej) była oczywista. Niezależnie od tego warto jednak odnotować i podkreślić, iż Autor opracował modele (model), za pomocą których dość dobrze udało Mu się odwzorować wyniki badań eksperymentalnych. Można się więc spodziewać, iż gdyby opracowane przez Autora modele zastosować do innej konfiguracji paneli warstwowych, odwzorowania również byłoby adekwatne.

Podobny komentarz można by sformułować w odniesieniu **do drugiego podpunktu wniosków**, odnoszącego się do drugiej z postawionych tez. Nie można jednak nie zauważyć, iż sformułowany przez Autora wniosek, że wpływ gęstości materiału i grubości rdzenia panelu warstwowego na jego reakcję na działanie wysokiej temperatury jest *wymierny* (*measurable*), jest po prostu oczywisty.

Kolejny podpunkt wniosków to *Oryginalny wkład rozprawy* (*Original contribution of the dissertation*). Autor przedstawia tu cztery punkty, brzmiące raczej zarozumiale niż naukowo. Jak już wskazano wyżej dokonanie oceny własnych dokonań raczej należało pozostawić czytelnikom i recenzentom.

W kolejnym punkcie *Ograniczenia (Limitation of the research)* Autor niefortunnie podaje, że skoncentrował się na płytach wypełnionych wełną mineralną, powtarzając wskazywaną wcześniej przez recenzenta nieścisłość (por. też uwaga 3.1.2). Przecież, jak sam Autor wskazał na 36. str. rozprawy – wełna mineralna może być: kamienna, szklana lub żuźłowa. Niedosyt budzi również, iż Autor w omawianym punkcie (ani też we wstępie do rozprawy) nie podkreślił, że dotyczy ona jedynie nieobciążonych paneli ściennych.

Ostatni podpunkt wniosków *Kierunki dalszych badań (Recommendation for future research)* jest sformułowany „na siłę”, raczej tylko po to, „aby był”.

3. Uwagi do rozprawy

3.1 Uwagi krytyczne

- 3.1.1 Zarówno w tytule, jak i w pierwszym rozdziale rozprawy brakuje jednoznacznego wskazania, jakich paneli dotyczy rozprawa – z jakim wypełnieniem oraz czy ściennych, czy dachowych.
- 3.1.2 Niefortunne jest, że w wielu miejscach rozprawy Autor określa materiał rdzenia paneli mianem *wełna mineralna (mineral wool)*, podczas gdy na początku tekstu (na str. 36) Autor, sam jednoznacznie wskazuje, iż pod pojęciem *wełna mineralna* mogą występować wełny: *szklana, żuźłowa i kamienna*. Pewne właściwości tych materiałów zasadniczo się różnią między sobą. W pracy naukowej opis powinien być jak najbardziej precyzyjny.
- 3.1.3 Autor w tekście rozprawy zbyt często „wchodzi” w styl pisania streszczenia. Zarówno wprowadzenia (wstępy) do wielu rozdziałów, jak i ich podsumowania (i wnioski końcowe) mają taki charakter. Szczególnie niefortunne jest, że Autor w podsumowaniach rozdziałów (2., 3., 4. i 5.), zamiast rzeczywiście podsumować przedstawione ciekawe opisy, podając np. w kilku punktach kluczowe wnioski i spostrzeżenia, ograniczył się do przedstawiania jedynie krótkiego streszczenia tego czego dotyczy omawiany rozdział.
- 3.1.4 Tytuły rozdziałów 4. i 5. są sformułowane nieodpowiednio, niedokończone (por. opis w pkt. 2. recenzji, również dotyczący tytułu podrozdziału 4.4). W tytule rozdziału 4. brakuje wyjaśnienia, czego zachowania cieplnego ma dotyczyć rozdział. W tytule rozdziału 5. nie podano, czego odpowiedzi termicznej i analizy ma dotyczyć rozdział. Oczywiście na podstawie tytułu rozprawy i jej kontekstu można się domyślić, że chodzi o panele warstwowe, ale w rozprawie naukowej tytuły rozdziałów powinny być formułowane precyzyjnie.

- 3.1.5 W tekście rozprawy (rozdz. 4.2) recenzentowi nie udało się odnaleźć informacji, jaka była rola Autora w wykonaniu omawianych przez Niego badań eksperymentalnych. Czy był On ich np. autorem, czy kluczowym, czy pomocniczym wykonawcą? Czy może był tylko obserwatorem? A może jedynie wykorzystał wyniki badań, przeprowadzonych przez inne osoby?
- 3.1.6 Autor niezbyt dobrze poradził sobie z przedstawieniem opisu eksperymentalnych badań wielkoskalowych stanowiących podstawę rozprawy (por też opis pkt. 4.2 i 4.3 na 4. str. recenzji). Przede wszystkim należało oddzielić informacje kluczowe od drobnych, mniej istotnych szczegółów. Te pierwsze należało podać w zasadniczym tekście rozprawy, uzupełniając ogólnymi rysunkami i kopiami fotografii, a te drugie przenieść do załącznika. Niestety Autor „zmusza” czytelnika do samodzielnego wyszukiwania podobieństw i różnic między poszczególnymi badaniami. Podział podawanych informacji na podrozdziały 4.2 i 4.3 jest niewłaściwy. Tytuły tych podrozdziałów niezbyt dobrze odzwierciedlają przedstawione w nich treści.
- 3.1.7 Autor niezbyt dobrze poradził sobie z opisaniem przedstawianych porównań i analiz wyników badań eksperymentalnych i wyników wykonanych obliczeń (por też opis pkt. 4.4 i 4.5 na 5. str. recenzji). Tytuły podrozdziałów i znajdujących się w nich podpunktów są niepełne i niezbyt dobrze odpowiadają zawartej w nich treści. Ponadto nadużywane jest określenie *Thermal response*, które należałoby interpretować jako *odpowiedź termiczna*, podczas gdy w rzeczywistości podawane i rozpatrywane są jedynie wartości temperatury. To jest „zbyt mało”, aby zasługiwało na miano *Thermal response*. W tekście rozprawy brakuje też jasnego, ogólnego przedstawienia (np. w tabeli), kiedy w poszczególnych badaniach wielkoskalowych, po nieogrzewanej stronie elementu odnotowano występowanie płomieni lub dymu.

3.2 Uwagi dyskusyjne

- 3.2.1 Podane w pierwszym rozdziale rozprawy tezy (nazwane hipotezami) są oczywiste i skłaniają do stwierdzenia, że zostały sformułowane „na siłę”, zgodnie z zasadą, że „rozprawa powinna mieć tezy”. Recenzent nie podziela takiego poglądu. Zamiast oczywistych, ogólnych tez, raczej należało jasno i jednoznacznie podać cele rozprawy.
- 3.2.2 Niefortunne jest, że w wielu miejscach rozprawy (np. podrozdział 2.2) Autor „wspólnie” omawia „zachowanie się” w warunkach pożarowych paneli jako takich, nie rozróżniając, czy mają one wypełnienie z materiału odpornego na działanie wysokiej temperatury, czy z materiału, który takiej odporności nie ma praktycznie wcale.

- 3.2.3 W podrozdziale 4.1, str. 64, Autor używa określenia *obciążenie ogniowe (fire load)* w odniesieniu narażenia badanego elementu na działanie temperatury pożarowej. W inżynierii bezpieczeństwa pożarowego termin *obciążenie ogniowe* oznacza zdefiniowany parametr i w związku z tym nie powinien być używany jako termin ogólny

3.3 Uwagi mniej istotne i szczegółowe

- 3.3.1 Lepiej byłoby tak sformatować tekst, aby rys. 16 (str. 53 i 54) w całości znalazł się na jednej stronie. Poza tym lepiej byłoby, gdyby na tym rysunku (oraz na wielu innych przedstawionych w pracy) czas oznaczany w sekundach, odkładany na osi poziomej, odpowiadał „okrągłej” liczbie minut (np. 15 minut = 900 sek. lub 30 minut = 1800 sek., a jak jest przedstawiane np. 1000 lub 2000 sekund). Proste „powiązanie” czasu wyrażanego w sekundach i minutach ułatwiłoby odbiór pracy, szczególnie praktykom.
- 3.3.2 W pozycji piśmiennictwa [4] brakuje tytułu cytowanej normy.
- 3.2.3 W podpisie rysunku 12 (str. 37) zamiast słowa *mineral* powinno występować *stone*.
- 3.3.4 Tytuł podrozdziału 2.2 nie w pełni odpowiada jego treści (por. 3. str. recenzji).
- 3.3.5 Na str. 52 Autor odwołuje się do tabeli 9 w Załączniku A. Powinno być odwołanie do tabeli 10.
- 3.3.6 Tytuł załącznika C *Large-scale fire resistance experiments* jest dobrany nieodpowiednio i „obecuje zbyt wiele”. Przecież w załączniku tym w zasadzie występują tylko kopie fotografii. Dlaczego nie „uprzedzono” o tym czytelnika w tytule załącznika?
- 3.3.7 Na cennym i ciekawym rys. 44 (str.82), w legendzie, zamiast powtarzać 4 razy *Average value of T1-T5 (6)*, lepiej było przypomnieć kluczowe informacje o poszczególnych badaniach (1 - 4). O ile (najprawdopodobniej Autor zna te informacje na pamięć, to wydaje się, iż czytelnik nie jest do tego zobowiązany. Podobną uwagę można by sformułować do opisu znajdującego się w tekście dotyczącym omawianego rysunku (*Average of Test no.*).

4. Merytoryczna ocena rozprawy

Niezależnie od krytycznej oceny przedstawionej w 2. punkcie recenzji oraz uwag sformułowanych w jej punkcie 3. stwierdzam jednoznacznie, że przedstawiona rozprawa doktorska jest ciekawa i wnosi ważny, znaczny wkład naukowy do problematyki zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych realizowanych przy wykorzystaniu paneli warstwowych, a tym samym do rozwoju dyscypliny naukowej Inżynieria lądowa, geodezja i transport. Rozprawę jako całość oceniam pozytywnie.

Przemawiają za tym wskazane niżej przesłanki.

1. Określony przez Autora problem naukowy, jakim jest prognozowanie reakcji na warunki pożarowe paneli warstwowych nie jest aktualnie wystarczająco dobrze rozpoznany naukowo, a jest bardzo ważny z punktu widzenia zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych realizowanych przy wykorzystaniu paneli warstwowych. Aktualnie w Polsce realizuje się bardzo dużo takich obiektów, szczególnie wielkopowierzchniowych. Odpowiednie projektowanie przegród między ich strefami pożarowymi oraz ograniczających te obiekty od zewnątrz ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia zminimalizowania możliwości (prawdopodobieństwa) rozprzestrzenienia się pożaru poza ogarnięte nim strefy.
2. Temat rozprawy doskonale wpisuje się w ramy dyscypliny naukowej Inżynieria lądowa, geodezja i transport.
3. Autor przedstawił w rozprawie obszerny przegląd aktualnego stanu wiedzy, na podstawie którego określił (szkoda, że zapisane w przedstawionym tekście w sposób „ukryty”) ważne cele rozprawy.
4. Autor przedstawił w rozprawie ciekawy, obszerny opis trudnych do wykonania (ogniowych) badań eksperymentalnych – najpierw materiałowych, a następnie wielkoskalowych.
5. Autor umiejętnie połączył wyniki badań w małej skali (materiałowych) z wynikami badań wielkoskalowych.
6. Autor przedstawił obszerne, wielowariantowe analizy numeryczne przepływu ciepła w panelach warstwowych oraz deformacji tych paneli, narażonych na działanie warunków pożarowych. Wyniki obliczeń uzyskane za pomocą modeli przedstawionych przez Autora dość dobrze odpowiadają wynikom eksperymentów.
7. Na podstawie faktu, że Autorowi, za pomocą opracowanych modeli dość dobrze udało się odwzorować wyniki badań eksperymentalnych można wnioskować, iż gdyby opracowane przez Autora modele zastosować do innej konfiguracji paneli warstwowych, odwzorowania również byłoby adekwatne.

5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Podsumowując przeprowadzoną ocenę rozprawy doktorskiej mgr inż. El Mehdi Ablaoui pt. *Structural Behavior of Sandwich Panels Under Fire Conditions (Zachowanie się paneli warstwowych w warunkach pożaru)*, stwierdzam, że Autor określił oryginalny problem naukowy, który zamierzał rozwiązać i poczynił znaczne postępy w rozwiązaniu tego problemu. Rozprawa wnosi ważny i znaczny wkład naukowy do problematyki zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych realizowanych przy wykorzystaniu paneli warstwowych, a tym samym do rozwoju dyscypliny naukowej Inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Doktorant wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie naukowej Inżynieria lądowa, geodezja i transport oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy badawczej i naukowej. Wkład naukowy wniesiony przez Autora w rozprawie do dyscypliny naukowej Inżynieria lądowa, geodezja i transport jest ważny i znaczny i w związku z tym może stanowić podstawę do wnioskowania o nadanie Autorowi stopnia doktora.

Rozprawa doktorska mgr inż. El Mehdi Ablaoui spełnia wymagania Ustawy z dnia 20. lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. u. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.) i w związku z tym wnioskuję o dopuszczenie do publicznej obrony tej rozprawy.