

Dr hab. inż. Marcin Kozłowski, prof. PŚ

Gliwice, 04.05.2021 r.

Politechnika Śląska  
Katedra Inżynierii Budowlanej  
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ  
PANA MGRA INŻ. BARTŁOMIEJA SĘDLAKA PT. „EFEKT SKALI W OCENIE  
ODPORNOŚCI OGNIOWEJ PIONOWYCH PRZEGRÓD PRZESZKLONYCH”**

**Podstawa formalna i przedmiot recenzji**

Niniejszą recenzję opracowałem na prośbę Rady Naukowej ITB, wyrażoną w piśmie z dnia 10 marca 2021 roku.

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pana magistra inżyniera Bartłomieja Sędłaka pt. „Efekt skali w ocenie odporności ogniowej pionowych przegród przeszklonych”. Praca ta została przygotowana w Instytucie Techniki Budowlanej pod kierunkiem Pana profesora dr hab. inż. Andrzeja Garbacza jako promotora i Pana doktora inż. Pawła Sulika jako promotora pomocniczego.

Opiniowana dysertacja zawarta jest w jednym tomie liczącym 163 strony.

**Tematyka rozprawy**

Wybrana przez Doktoranta tematyka rozprawy dotyczy zagadnienia związanego z odpornością ogniową elementów budowlanych - efektu skali w ocenie odporności ogniowej przeszklonych przegród pionowych o konstrukcji aluminiowej. W literaturze można znaleźć liczne przykłady badań odporności ogniowej przegród pionowych o różnej budowie i wysokości równej kondygnacji budynku, natomiast badania elementów o znacznie większej wysokości są wciąż rzadkością. Z tego powodu temat badawczy podjęty przez Doktoranta należy uznać jako aktualny i ważny.

W powyższym kontekście Doktorant określił problem naukowy „opracowanie modelu umożliwiającego, na podstawie badań elementów próbnych o wysokości 3 m, ocenę odporności ogniowej pionowych przegród przeszklonych wykonanych z profili aluminiowych, o wysokości przekraczającej powyższy wymiar”.

*Koz*

## **Charakterystyka rozprawy**

Treść rozprawy zawarta jest w siedmiu rozdziałach, uzupełnionych wykazem cytowanej literatury (172 pozycji + 15 norm).

Rozdział 1 (6 stron) zawiera krótkie wprowadzenie, sformułowanie problemu naukowego i przedstawienie struktury dysertacji.

W Rozdziale 2 (33 strony) Autor omawia zagadnienie bezpieczeństwa pożarowego przeszklonych ścian działowych, w szczególności w zakresie wymagań polskiego prawa budowlanego. Rozdział zawiera również opis typowych rozwiązań technicznych stosowanych w budownictwie, aparaturę badawczą stosowaną w badaniach odporności ogniowej, procedurę badawczą, kryteria skuteczności działania, jak również sposób klasyfikacji ogniowej przegród przeszklonych ścian działowych.

Rozdział 3 (25 stron) zawiera przegląd literatury w zakresie historii badań odporności ogniowej, wymagań normowych oraz badań ognioodpornych przeszkleń. Pod koniec rozdziału znalazła się analiza wybranych wyników badań przeszklonych ścian działowych z wnioskami, które stanowią podstawę do rozważań w dalszych rozdziałach dysertacji.

W Rozdziale 4 (17 stron) Autor omawia metodologię badań własnych (w tym ich zakres oraz przyjęte założenia), szczegółowo opisuje elementy próbne oraz czujniki i urządzenia pomiarowe wykorzystane w czasie badań. W ramach badań własnych zbadał osiem próbek o zbliżonej konstrukcji i wysokości od 3000 mm do 5945 mm.

W Rozdziale 5 (52 stron) Autor przedstawia wyniki i analizę badań modelowych w zakresie: szczelności i izolacyjności ogniowej, temperatury na nienagrzewanej powierzchni, temperatury wewnątrz profili, deformacji i obserwacji mikrostruktury powierzchni próbek wyciętych z elementów badawczych po zakończeniu badań.

Rozdział 6 (7 stron) zawiera założenia i kolejne kroki opracowania analitycznego wzoru do szacowania dopuszczalnej maksymalnej wysokości ścian oraz minimalnego momentu bezwładności przekroju słupa dla zadanych warunków brzegowych na podstawie badań próbek o wys. 3000 mm. Na końcu znajduje się przykład obliczeniowy.

W Rozdziale 7 (4 stron) Autor przedstawia krótkie podsumowanie pracy, główne wnioski oraz kierunki dalszych badań.

## **Merytoryczna ocena rozprawy**

Opiniowaną rozprawę doktorską Pana magistra inżyniera Bartłomieja Sędłaka oceniam pozytywnie (choć z zastrzeżeniami, które ująłem w dalszej części recenzji). Za pozytywną oceną przemawiają następujące argumenty.

- Temat rozprawy jest dobrany trafnie, ma zarówno znaczenie poznawcze, jak i bezpośrednie odniesienie do praktyki inżynierskiej w zakresie szacowania odporności

*Koryp*

ogniowej wysokich przeszklonych ścian aluminiowych na podstawie wyników badań elementów o typowej wysokości.

- Autor wykazał bardzo dobrą znajomość poruszanej tematyki, zwłaszcza w zakresie bezpieczeństwa pożarowego przeszklonych ścian działowych, metodologii badawczej i oceny odporności ogniowej przegród.
- Główny program badań, który dotyczył badań pożarowych przeszklonych ścian o konstrukcji aluminiowej został poprawnie dobrany. Na podkreślenie zasługuje tu wykonanie unikatowych badań odporności ogniowej przeszklonych ścian aluminiowych o zbliżonej budowie i różnej wysokości, co pozwala na ocenę efektu skali.
- Autor drobiazgowo opisał zakres badań własnych, jak również szczegółowo przedstawił ich wyniki. Całość poparł dokumentacją fotograficzną.
- Autor wykazał się umiejętnością wnioskowania na podstawie uzyskanych wyników badań eksperymentalnych i analiz w zakresie oceny odporności ogniowej badanych przeszklonych ścian wewnętrznych.

Wśród szczegółowych osiągnięć poznawczych pracy wymienić należy:

- opracowanie szeroko zakrojonych i unikatowych badań pożarowych przeszklonych ścian o konstrukcji aluminiowej i wysokościach od 3000 mm do 5954 mm,
- bardzo dokładne opisy elementów badawczych i czujników zastosowanych w badaniach,
- dokładne przedstawienie i opracowanie uzyskanych wyników pod kątem postawionego w pracy problemu badawczego, w szczególności badań szczelności i izolacyjności,
- opracowanie wzoru analitycznego pozwalającego na szacowanie odporności ogniowej wysokich przeszklonych ścian aluminiowych na podstawie wyników badań elementów o typowej wysokości. Jest to, w moim pojęciu, szczególnie cenne, świadczy bowiem o umiejętności sformułowania tematu badawczego powiązanego z rzeczywistymi problemami konstrukcyjnymi.

W dysertacji Autor nie ustrzegł się pewnych błędów i nieścisłości. Poniżej przedstawiłem wybrane uwagi krytyczne i pytania.

- W pracy zostały przytoczone wyniki badań mikroskopowych i badań twardości próbek wyciętych z elementu nr 8? Jaki jest ich związek z problem badawczym określonym w dysertacji?
- W Rozdziale 4 nie podano precyzyjnie parametrów geometrycznych zastosowanych profili i tym samym nie jest możliwa weryfikacja wartości w Tabeli 20. Proszę o wyjaśnienie tej kwestii i wyraźne wskazanie na rys. 27 profili nośnych (z parametrami geometrycznymi) i elementów montażowych.

Koyp

- Według jakiego wzoru i na podstawie jakich wartości obliczono „sztywność słupa” w Tabeli 20? Proszę o określenie jakiego rodzaju sztywność Autor miał na myśli i przytoczenie wzoru.
- Mam wątpliwości do wzorów (jednostek) w Rozdziale 6. Czy są to wzory czysto empiryczne czy fizyczne? Proszę o wyjaśnienie tej kwestii oraz podanie wartości zmiennych wraz z jednostkami, które należy wstawić do wzorów 6.12 i 6.13, aby uzyskać właściwe wartości.
- We wzorze 6.5 Autor czyni założenie, że przewidywane maksymalne ugięcie ściany przy minimalnej sztywności słupa będzie powiększone w taki sam sposób, jak zwiększyło się ugięcie słupa M3 ściany z badania nr 7 i słupa ściany M3 z badania nr 1. Jak zmieniają się wyniki przykładu obliczeniowego (str. 150), jeśli weźmie się pod uwagę wyniki innych badań, np. ugięcie słupa w badaniu nr 2 i nr 6? Jaka jest wrażliwość wzorów 6.12 i 6.13 na wartości przyjęte we wzorze 6.5?
- We wzorze 6.6 wartość współczynnika (0,258/0,112) powinna wynosić 2,304 zamiast 2.296316. Jaki ma to wpływ na przykład obliczeniowy?
- Wzór 6.9 nie pozwala na obliczanie sztywności słupa, a jest obciążeniem zastępczym dla zadanych wartości, powodującym ugięcie elementu o wartości 1 m. Proszę o wyjaśnienie tej kwestii.
- W Rozdziale 7 Autor pisze „Na podstawie równań 6.12 i 6.13 oraz wyników badania próbki o minimalnych wymiarach [...] wyznaczyć można maksymalną wysokość przeszklonej ściany aluminiowej [...], jak również wyznaczyć minimalny wymagany moment bezwładności [...] dla którego ścianka o danej wysokości zachowa swoją odporność ogniową”. Proponowane przez Autora wzory analityczne proponowane w dysertacji, pozwalają jedynie na szacowanie tych wartości. Co sam nawet Autor podkreśla na stronie 14, pisząc „Określenie rzeczywistej klasy odporności ogniowej ścian przeszklonych [...] można uzyskać wyłącznie na drodze badawczej”.
- W Rozdziale 7 Autor zaproponował współczynnik o charakterze ilościowym, który w rzeczywistości nie powinien być wyznaczany na podstawie pojedynczej próby dla danej serii badawczej. Proszę o ustosunkowanie się do tej kwestii.

Poniżej przedstawiłem również wybrane komentarze do pracy, które nie mają charakteru krytycznego, a są jedynie wskazówkami dla Autora, które może wziąć pod uwagę w czasie przygotowania innych prac w przyszłości.

- W dysertacji Autor skupił się głównie na własnych pracach. Pomijając normy, w bibliografii prawie 49% pozycji odnosi się do materiałów autorstwa lub współautorstwa Doktoranta. Jest to zrozumiałe w przypadku badań przeszklonych przegród o konstrukcji aluminiowej – rzeczywiście liczba pozycji literaturowych w tej

Kość

tematyce jest niewielka. Natomiast liczba własnych autocytowań budzi wątpliwości w przypadku ogólnych zagadnień poruszanych w pracy, badań odporności ogniowej i ich wyników.

- Autor pisząc w Rozdziale 7 „Algorytm postępowania przedstawiony w Rozdziale 6 można uważać za rozwiązanie problemu naukowego postawionego w niniejszej rozprawie” dokonuje samooceny, która powinna zostać pozostawiona czytelnikom i recenzentom.
- W podrozdziale 4.4 powinny być podane jedynie docelowe warunki badania (normowa standardowa krzywa temperatura – czas będąca odwzorowaniem w pełni rozwiniętego pożaru wewnątrz budynki i ciśnienie w piecu). Wyniki pomiaru temperatury wewnątrz pieca jak również pomiary ciśnienia w trakcie badania powinny być przedstawione w Rozdziale 5.
- W Rozdziale 5 na wszystkich wykresach przedstawiających wyniki pomiarów temperatury i deformacji słupów brak jest opisów nazw osi pionowych (w większości podano jedynie jednostkę) przy jednoczesnym podaniu nazwy i jednostki osi poziomej.
- W niektórych przypadkach Autor podaje zbyt dużą dokładność wartości (np. „sztywność słupa” w Tabeli 20), która nie wynika z tekstu.
- W Rozdziale 5 Autor szczegółowo, w osobnych podrozdziałach, przedstawia wyniki badań w zakresie szczelności i izolacyjności ogniowej, temperatury, deformacji i zmiany mikrostruktury. Ich właściwą analizę przedstawia w podrozdziale 5.1, w którym nie odnosi się do konkretnych tabel, rysunków ani wykresów, co bardzo utrudnia czytelność całego Rozdziału.
- Pewnym niedostatkiem dysertacji jest brak jakichkolwiek obliczeń numerycznych, szczególnie w sytuacji, kiedy Autor posiadał dokładne wyniki pomiarów temperatury i deformacji elementów w czasie badań. Jednak nie należy tego traktować jako jej wady, szczególnie, że Autor, w Rozdziale 1, definiując problem badawczy, ograniczył zakres pracy doktorskiej jedynie do badań eksperymentalnych. Analizy numeryczne byłyby bardzo cennym kierunkiem dalszych badań, do czego zachęcam Autora.

W zakresie edytorskim oraz językowym praca stoi na bardzo dobrym poziomie, natomiast występują w niej drobne niedociągnięcia, takie jak:

- błędne odniesienie w tekście do Tabeli 16, która przedstawia obrazy mikrostruktury obserwowanych próbek (str. 147),
- nieujednoliczone jednostki wymiarów, w pracy Autor używa „m” i „mm”,
- stosowanie spacji przed „°C” (w dysertacji błąd występuje 23 razy),
- stosowanie skrótu „w/w” zamiast „ww.” (str. 19 i 61),
- niestosowanie spacji przed jednostką długości (str. 28),

Koyp

- niestosowanie przecinka przed „że” (str. 36).

Cytowane wyżej drobne niedociągnięcia nie zaburzają czytelności opracowania, a ich liczba jest znikoma wobec objętości pracy.

### **Podsumowanie i wniosek końcowy**

Podsumowując niniejszą recenzję stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana magistra inżyniera Bartłomieja Sędkaka pt. „Efekt skali w ocenie odporności ogniowej pionowych przegród przeszklonych” stanowi istotny wkład w badania odporności ogniowej wysokich przeszklonych ścian aluminiowych.

W recenzji sformułowałem szereg uwag krytycznych o różnej wadze, niemniej praca jako całość jest cenna. Zamieszczone uwagi powinny natomiast zostać uwzględnione przez Autora w ewentualnych publikacjach i dalszych badaniach.

Po rozważeniu zalet i wad recenzowanej pracy uważam ją za oryginalną, spełniającą wymagania stawiane w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Tym samym wnoszę o dopuszczenie Pana magistra inżyniera Bartłomieja Sędkaka do publicznej obrony przedmiotowej rozprawy doktorskiej.

*Marcin Kozłowski*

dr hab. inż. Marcin Kozłowski, prof. PŚ