

Warszawa, dnia 24 maja 2021 r.

mł. bryg. dr hab. inż. Paweł Ogrodnik, prof. uczelni

Szkoła Główna Służby Pożarniczej

Instytut Inżynierii Bezpieczeństwa

ul. Słowackiego 52/54

01-629 Warszawa

## RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgra inż. Bartłomieja Sędlaka

pt. „Efekt skali w ocenie odporności ogniowej pionowych przegród przeszklonych”,  
opracowana na podstawie umowy NR GF-1131-0008/2021/UDHO

### 1. Tematyka rozprawy

Przedłożona do recenzji rozprawa mgra inż. Bartłomieja Sędlaka pt. „Efekt skali w ocenie odporności ogniowej pionowych przegród przeszklonych” liczy 161 stron. Rozprawa została podzielona na 7 rozdziałów i bibliografię składającą się z 187 pozycji literaturowych. Dysertacja zaopatrzona została w spis najważniejszych oznaczeń i symboli, a także w streszczenie w języku polskim i angielskim. Rozprawa doktorska jest przygotowana w zakresie dyscypliny naukowej inżynieria lądowa i transport należącej do dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych. Przystępując do oceny tematyki i postawionych celów należy na wstępie podkreślić, że tematyka podjęta w recenzowanej rozprawie doktorskiej jest aktualna i wpisuje się w obserwowany w ostatnich latach trend coraz częstszego wykorzystania w budownictwie pionowych przegród przeszklonych wykonanych z profili aluminiowych. Tego typu przeszklenia często wykorzystywane są przez architektów z uwagi na szereg walorów również estetycznych. Powierzchnie przeszklone stanowią jeden z bardziej charakterystycznych elementów nowoczesnej architektury. Powszechnie stosowane są w budynkach biurowych, użyteczności publicznej, nowoczesnych budynkach mieszkalnych, a także galeriach handlowych. Głównym ich zadaniem jest wydzielenie pomieszczeń w budynkach. Powinny być one zatem zaprojektowane w sposób zapewniający spełnienie kryteriów bezpieczeństwa pożarowego, w tym również odporności ogniowej.

Głównym problemem naukowym dysertacji było opracowanie modelu umożliwiającego na podstawie badań elementów próbnych o wysokości 3 m ocenę odporności ogniowej przegród przeszklonych, których wysokość przekracza powyższy wymiar. Choć należy przypuszczać, że uzyskany tu zostanie efekt skali wynikający z różnicy wysokości próby modelowej i rzeczywistych wymiarów przegrody to jednak oryginalność pracy wynika z oceny wpływu efektu skali na uzyskane wyniki odporności ogniowej przeszklonych ścian o konstrukcji słupowo-ryglowej. Problem badawczy został prawidłowo podzielony na szereg zagadnień

szczegółowych między innymi dotyczących minimalnej dopuszczalnej sztywności słupa ściany wymaganej dla przegrody o określonej wysokości, maksymalnej dopuszczalnej wysokości ściany dla której zachowana zostanie odporność ogniowa, a także badaniach mikrostruktury profili aluminiowych poddanych skojarzonym obciążeniem, w tym oddziaływaniom termicznym.

Praca w sposób prawidłowy odnosi się do aktualnego stanu wiedzy, proponując jednocześnie oryginalne rozwiązanie spełniające wszelkie wymagania w zakresie bezpieczeństwa, a także przepisów ochrony przeciwpożarowej. Sformułowanie, a następnie rozwiązanie postawionego problemu badawczego świadczy o dobrej znajomości zagadnień związanych z bezpieczeństwem pożarowym konstrukcji samego Autora pracy doktorskiej.

W ocenie recenzenta tytuł rozprawy został dość trafnie sformułowany. Co prawda sama praca została poświęcona wyłącznie jednemu wybranemu typowi ścian, ale sam tytuł dysertacji dobrze koresponduje z zawartymi w opracowaniu treściami. Na podkreślenie zasługuje fakt, że tytuł dobrze syntetyzuje treści rozprawy zapewniając w przyszłości możliwość łatwego odnalezienia w bazach informacji naukowej.

## **2. Charakterystyka rozprawy**

Rozprawa rozpoczęta została krótkim wprowadzeniem w którym Autor opisuje znaczenie powierzchni przeszklonych oraz prezentuje ich przykłady. W zwięzły sposób zarysowano schemat rozumowania i problem badawczy formułując jednocześnie problemy oraz postawione hipotezy. Podkreślenie najważniejszych problemów i spostrzeżeń Autora świadczy o jego dobrym przygotowaniu oraz warsztacie badawczym. Ta część pracy została zakończona opisaniem struktury całej dysertacji.

Drugi rozdział zatytułowany *„Bezpieczeństwo pożarowe przeszklonych ścian działowych”* poświęcony jest podstawowym informacjom dotyczącym przeszklonych ścian działowych. Dokonano charakterystyki rozwiązań technicznych, a także wymagań formalnych w zakresie bezpieczeństwa pożarowego przeszklonych ścian działowych w ujęciu polskiego prawa budowlanego. W dalszej części rozdziału przedstawiono metodykę badań w zakresie odporności ogniowej opisując aparaturę badawczą. Opisano jednocześnie piece do badań, termoelementy, a także parametry wewnętrzne, w tym ciśnienie, temperaturę w kontekście kryteriów takich jak: szczelność ogniowa, izolacyjność ogniowa, promieniowanie oraz odporność na oddziaływanie mechaniczne. Rozdział zakończony został niejako podsumowaniem, w którym scharakteryzowano zachowanie się przeszklonych ścian działowych w badaniach odporności ogniowej oraz klasyfikację ogniową. W mojej ocenie rozdział ten jest istotny z punktu widzenia osadzenia tematyki pracy w praktyce.

Kolejny rozdział zatytułowany *„Stan wiedzy dotyczącej oceny odporności ogniowej pionowych przegród przeszklonych z uwzględnieniem efektu skali”* rozpoczęty został opisem historii badań odporności ogniowej. Na podstawie analizy literaturowej omówione zostały ciekawe przykłady badań ogniowych różnych typów ścian jak i zagadnienia związane z bilansem energetycznym w normowych badaniach ogniowych. Następnie omówiono wymagania norm europejskich oraz prawa krajowego w kontekście zachowania się w warunkach pożaru przeszklonych ścian działowych o określonej konstrukcji. Przedstawione zostały ściany

o różnych schematach konstrukcyjnych wykonanych z różnych materiałów, a także charakteryzujących się różnymi wypełnieniami i wzmocnieniami. W znacznej części analizowanych prac Doktorant był jednym z autorów przywoływanych badań. W ramach rozdziału przeanalizowano wyniki 35 badań w zakresie odporności ogniowej aluminiowych przeszklonych ścian działowych proponując wspólny parametr umożliwiający porównanie mocno zróżnicowanych konstrukcji. Podkreślić należy, że przedmiotowa analiza została przygotowana w sposób uporządkowany, a Doktorant uzupełnia ją w cenne spostrzeżenia i uwagi zachowując jednocześnie sceptycyzm właściwy dla badacza.

Czwarty rozdział zatytułowany „*Zakres badań eksperymentalnych oraz przyjęte założenia*” poświęcony został opisowi przyjętych założeń badawczych. Do badań wytypowano przeszklone ściany działowe o konstrukcji słupowo-ryglowej. Doktorant przedstawił założenia, szczegółowo scharakteryzował każdy z ośmiu elementów próbnych poddanych badaniu. W poszczególnych podrozdziałach opisane zostały składowe elementów próbnych, a także pomiary jakie były prowadzone podczas badań oraz po ich zakończeniu. Ponadto w rozdziale szeroko omówiono pomiary przeprowadzone podczas testów związanych ze szczelnością ogniową, przyrostem temperatury na nieogrzewanej powierzchni elementu i wewnątrz profili aluminiowych oraz deformacją. Rozdział zakończony został opisem warunków prowadzonych badań. Przedstawione opisy są szczegółowe, a sam rozdział z uwagi na szereg rycin, schematów, zdjęć jest obszerny co należy uznać za atut ponieważ pozwala czytelnikowi na zapoznanie się ze wszystkimi przyjętymi założeniami.

Kolejny rozdział pracy zatytułowany „*Wyniki przeprowadzonych badań*” rozpoczyna tabela, w której przedstawiono wyniki szczelności oraz izolacyjności ogniowej dla każdego z elementów próbnych. Następnie Autor opisuje wyniki badań poszczególnych elementów prezentując fotografie z badań jednocześnie wskazując miejsca, w których nastąpiło przekroczenie kryterium. Wyniki badań zostały przedstawione zarówno w formie tabelarycznej jak i na wykresach. W ramach opracowania przedstawiono porównanie średnich przyrostów temperatur w charakterystycznych miejscach ścian, temperatury wewnątrz profili oraz deformacje elementów próbnych. Uzupełnieniem tej części pracy są wyniki badań mikrostruktury i mikrotwardości. Wykonano również mapy składu chemicznego próbek. Rozdział kończy analiza wyników badań, w których Doktorant odnosi się do uzyskanych wyników poszczególnych badań. Sam rozdział jest dość obszerny z uwagi na szeroki zakres prowadzonych badań.

Najistotniejsza część pracy została przedstawiona w rozdziale szóstym zatytułowanym „*Efekt skali w ocenie odporności ogniowej pionowych przegród przeszklonych*”. Doktorant wykazuje konieczność uwzględniania efektu skali podczas oceny odporności ogniowej ścian. Przedstawiono zależność deformacji przegród od sztywności słupów. Następnie zaproponowane zostały wzory, które umożliwiają wyznaczenie minimalnej sztywności słupa dla ścian o określonej wysokości oraz dopuszczalnej maksymalnej wysokości ścian, a także minimalnego momentu bezwładności przekroju słupa ściany na podstawie badań próbek o minimalnych wymiarach, które są wykonywane zgodnie z obowiązującym normatywem. Ważnym elementem tego rozdziału jest zaproponowany przez Doktoranta algorytm postępowania dotyczący oceny odporności ogniowej ściany o założonej wysokości.

Podsumowaniem przeprowadzonych analiz jest wyznaczenie współczynnika określającego efekt skali podczas oceny odporności ogniowej przeszklonych ścian działowych.

Ostatni rozdział pracy stanowi podsumowanie odnoszące się do uzyskanych wyników, a także możliwości ich praktycznego zastosowania. Odniesiono się do realizacji celów ogólnych i szczegółowych, które w ramach dysertacji zostały osiągnięte.

Rozprawa została przekazana do recenzji w formie rękopisu. W mojej ocenie sam układ pracy jest poprawny. Język pracy odpowiada standardom pracy naukowej. Autor posługuje się poprawną terminologią w zakresie budownictwa, a także ochrony przeciwpożarowej. Wyniki badań oraz analiz opracowane zostały w formie tabel lub za pomocą wykresów. Praca jest także bogato ilustrowana co znacząco poprawia jej odbiór. Jeżeli chodzi o część wykresów ich czytelność jest nieco ograniczona co szczegółowo zostanie opisane w kolejnym rozdziale recenzji. Bibliografia jest aktualna choć nie została podzielona na części dotyczące opracowań zwartych, normatywnych itd. Należy podkreślić, że duża część przytoczonej literatury to pozycje przygotowane przez Doktoranta lub zespół z udziałem Doktoranta. Odwołania do pozycji literaturowych są prawidłowe. Praca nie zawiera spisu tabel oraz spisu wykresów, które ułatwiają odnalezienie poszczególnych elementów opracowania.

### **3. Uwagi ogólne i szczegółowe**

Jak już wcześniej zaznaczono sama praca została napisana generalnie poprawnym językiem. W pracy znalazłem kilka drobnych stylistycznych błędów językowych na przykład str.15, str.67. W rozprawie dostrzegłem także kilka błędów interpunkcyjnych na przykład na str. 36. W pracy nieujednoczone zostały również jednostki używane są zarówno „mm” jak i „m”. Nie są to jednak błędy liczne wpływające negatywnie na wartość merytoryczną dysertacji. Choć w pracy jasno określony został problem naukowy Autor nie postawił tezy, która jeszcze do niedawna była jednym z wymagań pracy doktorskiej. Najwięcej moich uwag budzi część graficzna pracy. Przykładem mogą być tu rys. 57 a-h, rys. 58 a-d, rys. 59 a-d, rys. 60 a-h oraz kolejne tego typu rysunki (wykresy) znajdujące się w pracy. Z uwagi na ich rozmiar są one mało czytelne dla recenzenta. Nie opisano również nazw poszczególnych osi.

Recenzent docenia wartość merytoryczną pracy, a co najważniejsze również aplikacyjny charakter dysertacji. Jednocześnie nie dostrzega konieczności istotnej polemiki dotyczącej wartości merytorycznej. Korzystając z okazji przekazania opinii jaką umożliwia proces recenzowania pracy doktorskiej chciałby zwrócić uwagę na kilka zagadnień do których Doktorant może się odnieść.

1. Przedmiotowa rozprawa doktorska choć kompletna poświęcona została wyłącznie jednemu typowi przeszklonych ścian działowych tj. słupowo-ryglowym ścianom wykonanym z trzykomorowych profili aluminiowych, ze środkową komorą zabezpieczoną wkładem izolacyjnym. Zdaniem Autora rozprawy jest to najczęściej spotykany typ przeszklonych ścian działowych. W opinii recenzenta można się z tym po części zgodzić. Wymaga to jednak szerszej diagnozy i opisu czego zabrakło w przedłożonej do recenzji dysertacji. Chciałbym jednak zachęcić Pana mgra Bartłomieja Sędlaka, aby w przyszłości kontynuował prace naukowe dotyczące innych

typów przeszklonych ścian działowych oraz uzupełnił swoje badania o analizy numeryczne.

2. W tabeli 20 obliczono wartość „sztywność słupa”. Na podstawie jakiej zależności Autor pracy dokonał tych obliczeń?
3. We wzorach podanych w rozdziale 6 Autor nie podaje jednostek. Prawdopodobnie wymaga to uzupełnienia. Proszę o odniesienie się Autora dysertacji do tego zagadnienia.
4. We wzorze 6.6 który jest kontynuacją wzoru 6.5 prawdopodobnie popełniono błąd przy określeniu współczynnika (0,258/0,112). Wartość ta powinna wynosić 2,304 a nie 2,296316. Proszę o określenie jaki wpływ ma to na kolejne zależności, które podaje Doktorant.
5. W rozdziale 7 Autor napisał „Algorytm postępowania przedstawiony w rozdziale 6 można uważać za rozwiązanie problemu naukowego postawionego w niniejszej rozprawie”. Taka samoocena Autora sprawia, że nie pozostawia on możliwości oceny, która powinna być przeprowadzona przez recenzentów oraz czytelników dysertacji.

#### **4. Wniosek końcowy**

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgra inż. Bartłomieja Sędlaka pt. „Efekt skali w ocenie odporności ogniowej pionowych przegród przeszklonych” stanowi istotny wkład w rozwój zakresie dyscypliny naukowej inżynieria lądowa i transport. Rozprawa świadczy o wysokim poziomie wiedzy Kandydata, a także umiejętności prowadzenia pracy naukowej.

Przedstawiona praca doktorska spełnia w pełni wymagania stawiane w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Wnoszę o dopuszczenie pracy Pana mgra inż. Bartłomieja Sędlaka do publicznej obrony.

