

dr hab. inż. Jerzy Szlendak, prof. nzw. PWSZ

Białystok, 22 marca 2019 r.

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Suwałkach

Wydział Politechniczny

ul. Noniewicza 10·16-400 Suwałki

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgra inż. Piotra Woźniczki pt.

„Strategie bezpieczeństwa pożarowego wybranych szkieletów stalowych
hal wielkogabarytowych”

1. Podstawa opracowania i przedmiot recenzji

Recenzja została opracowana na wniosek Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej dr hab. inż. Andrzeja Szaraty, prof. PK z dnia 28 stycznia 2019 r.

Przedmiotem oceny jest rozprawa doktorska mgra inż. Piotra Woźniczki, o tytule podanym wyżej, wykonana pod kierunkiem dra hab. inż. Mariusza Maślaka, prof. PK. Zasadnicza część rozprawy liczy 163 strony i zawiera 6 rozdziałów, spis literatury oraz streszczenie w języku polskim i angielskim. Jest ona uzupełniona o dwa załączniki, objętości odpowiednio 4 strony i 17 stron, będące wydrukiem z programów obliczeniowych. Bibliografia zawiera wykaz 149 pozycji literaturowych. W treści rozprawy zamieszczono 110 rysunków, 36 tabele oraz 44 numerowane wzory.

2. Tematyka recenzowanej rozprawy

W badaniach naukowych przedstawionych w recenzowanej rozprawie, autor skoncentrował się na wybranych zagadnieniach związanych z zapewnieniem odpowiedniej odporności pożarowej pewnej wybranej grupy budynków, a mianowicie hal wielkogabarytowych o szkieletach stalowych. Jako bazę i punkt odniesienia kandydat przyjmuje aktualnie obowiązujące przepisy krajowe, gdzie w „Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury..... z 2002 r.” sformułowano zasadnicze parametry rozróżniające ogromną populację istniejących i nowoprojektowanych budynków i określono dla nich odpowiednie wymagania, co do odporności przeciwpożarowej tak całych obiektów, jak i jego części. Autor polemizuje z obowiązującymi procedurami obliczeniowymi podanymi w PN-EN 1991-1-2 i PN-EN 1993-1-2., a w szczególności z użyciem do obliczeń krzywej standardowej ISO oraz prowadzenia obliczeń dla wydzielonych pojedynczych elementów całej konstrukcji. Doktorant jest zwolennikiem, jak to czyniono w innych krajach, dopuszczenia do stosowania alternatywnej metody „performance-

Wpłynęło dnia **26 MAR. 2019**
L. dz. **W. 510 1.3 2019**
podpis **[podpis]**

[podpis]

based analysis". W ocenie autora dokładniej odwzorowuje ona zarówno przebieg pożaru, jak i zachowanie się ustroju nośnego. Metodę tą kandydat zastosował w niniejszej rozprawie do oceny bezpieczeństwa pożarowego hal wielkogabarytowych.

Omawiając aktualny stan wiedzy doktorant wskazuje na wiele parametrów zarówno jakościowych jak i ilościowych mających wpływ na opis modeli rozwoju pożaru. Wskazuje na ciągle dużą indywidualną rolę projektanta, który powinien umieć ocenić te modele. Jednym z problemów jest zastosowanie właściwych modeli pożaru lokalnego, co jest istotne w halach wielkogabarytowych. Autor przytacza też wyniki studiów innych badaczy stosujących modele jedno i dwustrefowe oraz najbardziej zaawansowane modele obliczeniowe mechaniki płynów. Zagadnienie opisu i symulacji rozwoju pożaru staje się na tyle skomplikowane, że wymaga użycia oprogramowania numerycznego. Doktorant posługiwał się w rozprawie wyspecjalizowanymi programami o nazwie OZone i Fire Dynamics Simulator (FDS). Przytacza też kilka pozycji literaturowych, opisujących badania eksperymentalne obiektów w warunkach pożaru. Najbardziej adekwatnym w odniesieniu do tematyki, którą podjął autor, wydają się badania przeprowadzone przez Zhang'a ze współautorami opublikowane w 2011 roku, a dotyczące wielkogabarytowej hali fabrycznej.

Poza modelowaniem rozwoju pożaru, drugim istotnym zagadnieniem jest ocena nośności obiektu i jego elementów w warunkach pożaru. Przy tak złożonym zagadnieniu, jakie jest przedmiotem badań doktoranta, w części wstępnej rozprawy powinien podjąć on próbę jakościowo-kwantytatywnej analizy istotnych czynników i parametrów, które powinny i które mogą być brane przez niego pod uwagę w sformułowaniu danych wyjściowych do spójnej i pełnej analizy problemu.

Badania jakościowe (jakościowe) w naukach przyrodniczych opierają się na porównaniu właściwości lub zachowania obiektu badań ze znanymi wzorcami, w której określa się jedynie występowanie lub brak jakiegoś parametru, wpływu czy składnika. Najczęściej, w wyniku stosowania badawczej metody jakościowej jest rozróżnienie pomiędzy znanymi możliwościami (np. czy mamy do czynienia z obiektem, parametrem A, B czy C). Często następnym etapem analizy jest użycie metod ilościowych w celu określenia dokładnych parametrów badanego obiektu, parametru czy składnika.

Zasadniczo różni się ona od analizy ilościowej, w której określana jest liczbowo zawartość i wpływ wskazanych w analizie jakościowej obiektów, parametrów lub składników. W rozprawie w pewnym stopniu brakuje analizy kwantytatywnej (ilościowej), która obejmowała obiekt będący przedmiotem badań tzn. szkielety stalowe hal wielkogabarytowych, i która objęłaby następujące etapy:

- 1) obserwację, zbieranie i przygotowanie materiału statystycznego;
- 2) szacowanie i mierzenie ocenianych zjawisk;
- 3) sporządzanie tabel i numeryczną oraz graficzną prezentację zebranego materiału
- 4) opis i analizę wyników.

Badania kwantytatywne z reguły oparte są na metodzie reprezentatywnej, która polega na



pobraniu z całej zbiorowości statystycznej określonej części, tzw. próby statystycznej drogą wyboru losowego. Aby na podstawie próby można było sądzić o całej masie statystycznej, próba musi spełniać pewne warunki i być:

- 1) jednorodna,
- 2) dostatecznie liczna,
- 3) pobrana losowo,
- 4) jak najbardziej rozproszona.

W rozprawie ograniczono się do numerycznych studiów trzech obiektów badań, hal wielkogabarytowych, niezbyt spójnych w swoich parametrach geometrycznych i konstrukcyjnych, które trudno uznać za próbę reprezentatywną. Utrudnia to uogólnianie wniosków sformułowanych w zakończeniu rozprawy.

3. Uwagi ogólne i ocena merytoryczna

Zrealizowany przez Kandydata zakres badań został poprzedzony wnikliwym rozpoznaniem literatury, która jest już dość bogata. Na podstawie syntezy aktualnego stanu wiedzy, ze szczególnym uwzględnieniem metod obliczeniowych i wyspecjalizowanego oprogramowania, autor trafnie zdefiniował cel pracy i zakres badań umożliwiający realizację założonego celu. Podjął on w rozprawie ważne zagadnienie bezpieczeństwa pożarowego wybranych szkieletów stalowych hal wielkogabarytowych, przy zastosowaniu nowoczesnego podejścia do tworzenia modeli rozwoju pożaru i odpowiedzi mechanicznych konstrukcji oraz oceny ich wiarygodności na podstawie analiz weryfikacyjno-walidacyjnych.

Zaawansowane analizy obliczeniowe doktorant prowadził za pomocą oprogramowania Safir opracowanego na Uniwersytecie w Liege. Program ten uwzględnia zarówno nieliniowości geometryczne jak i materiałowe. Prowadzona w nim analiza ulega zakończeniu w momencie osiągnięcia stanu braku zbieżności obliczeń lub granicznych ugięć podanych w normie PN - EN 1363 - 1. Natomiast obliczenia wg formuł normowych były wykonywane przez kandydata programem Elefir lub z wykorzystaniem jego autorskich arkuszy kalkulacyjnych (patrz str.91 rozprawy)

Istotne spostrzeżenia i wnioski z analiz, jakie przeprowadził doktorant i zamieścił w rozprawie, przytoczono z podaniem stron rozprawy poniżej:

1. Z danych zamieszczonych na rys. 3.5, wynika, że proste modele analityczne znacznie przeszacowują wartość temperatury pożarowej. Kandydat zwraca przy tym uwagę, że kluczowa z punktu widzenia analizy konstrukcji jest początkowa faza rozwoju pożaru (str. 42 rozprawy)
2. Autor jest świadomy, że prezentowane modele mają tylko ograniczoną możliwość uogólniania, gdy pisze, że potencjalny zasięg pożaru, na którym nastąpi zapłon substancji



- palnej zależy od początkowej lokalizacji źródła ognia, co ma charakter losowy, oraz warunków wentylacji (str. 62 rozprawy)
3. Zniszczenie świetlików dachowych, a tym samym możliwość ucieczki gorących gazów oraz niewielkie różnice czasu w likwidacji przeszklenia, co również ma charakter losowy, mogą prowadzić do całkowicie różnych scenariuszy rozwoju pożaru (str.62 rozprawy)
 4. Analizy prowadzone przez doktoranta dotyczące rozwoju pożaru w budynkach o dużej powierzchni i małej wysokości prowadzi do wniosku, że przyjmowane założenia o ograniczeniu zasięgu pożaru lokalnego oraz braku możliwości dalszego rozwoju ognia w odniesieniu do hal wielkogabarytowych może okazać się błędne (str.70 rozprawy).
 5. Zastosowanie zaawansowanych metod obliczeniowych przy jednoczesnym wykorzystaniu krzywej standardowej pożaru, nie prowadzi do wykazania jakichkolwiek rezerw nośności w stosunku do relatywnie prostych obliczeń normowych.(str. 109 rozprawy)
 6. Odporność ogniowa konstrukcji jest przede wszystkim zależna od lokalizacji początkowej źródła ognia. (str. 111 rozprawy)
 7. Wartości temperatury krytycznej są wyższe przy zastosowaniu modelu pożaru naturalnego w porównaniu z modelem pożaru nominalnym. Wynika to z tego, że sąsiednie elementy konstrukcji przejmują część obciążeń (str. 112 rozprawy).
 8. Doktorant twierdzi, że sposób modelowania podparcia w kierunku prostym do kierunku ramy nie ma wpływu na ostateczny rezultat obliczeń (str. 123 rozprawy). Ta sugestia jest raczej dyskusyjna i powinna być w sposób bardziej szczegółowy udokumentowana.
 9. Autor stwierdza na str. 128 rozprawy, że widoczne są w analizowanym modelu liczne przypadki wyboczenia stężeń i rygli ściennych. Brak jednak informacji i poszerzonej analizy, co wtedy z elementami ściskanymi (słupy) i zginanymi (belki), które utraciły w takim przypadku swoje węzły i punkty podparcia. Może to istotnie wpłynąć na obniżenie nośności tych elementów.
 10. Istotną informacją kandydat podaje na str. 129 rozprawy stwierdzając, że elementy konstrukcyjne klasy 4 zachowują swoją nośność w temperaturze znacznie przekraczającej 350°C, która wg. normy PN-EN 1993-1-2 jest krytyczna dla tych elementów.
 11. W analizach ppoż. istotną rolę odgrywają warunki brzegowe, jakie zostają przyjęte w modelach obliczeniowych. Na stronie 139 doktorant podał, że ograniczenie możliwości przesuwu dźwigara do 5 cm spowodowało ponad dwukrotną redukcję czasu, w którym następuje zniszczenie dźwigara. Pokazuje to jak istotny wpływ na otrzymane wyniki ma przyjęcie realnych warunków brzegowych analizowanych elementów i całej konstrukcji.
 12. Odnośnie przyjmowania lub nie, imperfekcji łukowych, autor stwierdza na, str. 143, że nie mają one istotnego wpływu na model zniszczenia konstrukcji i jej szacowana odporność ogniową. To stwierdzenie jest nieco sprzeczne z podanymi w rozdziale 6 zaleceniami



projektowymi. W szóstym z nich doktorant napisał, że model prętowy konstrukcji powinien uwzględniać imperfekcje lokalne.

13. W pkt. 2 rozdziału 5 rozprawy, zawierającego wnioski z przeprowadzonych badań autor stwierdza, że w przypadku rozpatrywanej kategorii obiektów uwzględnienie wszystkich opisanych wyżej w tym punkcie czynników w modelach analitycznych wydaje się być niemożliwe. Powraca, więc problem, o czym wspomniano już w tej opinii, że w rozprawie brakuje sformułowania „danych wejściowych” do późniejszych analiz i dyskusji, jakie czynniki będą uwzględniane w przedstawianych modelach rozwoju pożaru i odpowiedzi konstrukcji a jakie nie.
14. Również w rozdziale 5, pkt. 4 doktorant stwierdza, że odporność ogniowa konstrukcji zależy głównie od modelu rozwoju pożaru. Modelowanie samej konstrukcji nie jest tak istotne z wyjątkiem odpowiedniego przyjęcia w nim warunków brzegowych.
15. W pkt. 5 rozdziału 5 pada kolejne istotne stwierdzenie, że w przypadku zastosowania zaawansowanej analizy odpowiedzi konstrukcji przy przyjęciu rozwoju pożaru wg. krzywej standardowej nie prowadzi do otrzymania większej odporności ogniowej niż ta otrzymana z procedur normowych wg. normy PN-EN 1993-1-2.
16. Doktorant w pkt. 6 rozdziału 5 twierdzi, że stosowanie zaawansowanej analizy odpowiedzi konstrukcji ma sens jedynie przy stosowaniu zaawansowanych modeli rozwoju pożaru. Jednakże kłóci się to nieco z pkt. 5 tego rozdziału, gdzie korzyść z zastosowania modelu zaawansowanego odpowiedzi mechanicznej zostało przez autora zakwestionowane.
17. Z kolei w pkt. 7 autor podtrzymuje swoje zalecenie, co do korzystania z zaawansowanych modeli rozwoju pożaru i odpowiedzi mechanicznej konstrukcji, co nazywa niezbyt trafnie strategią oceny bezpieczeństwa pożarowego. Według kandydata przy takim modelowaniu zjawisk możliwe jest znaczne ograniczenie lub wręcz eliminacja zabezpieczeń ognioochronnych.

Reasumując, wymienione powyżej wnioski podane przez doktoranta w rozdziale 5, przynajmniej w części, powinny być przeniesione w rozprawie do rozdziału 6, jako zalecenia projektowe dla praktyków. Rozdział 6 wg recenzenta jest stanowczo zbyt ogólny by mógł spełnić rolę jaką zapowiedziano w jego tytule tzn. zaleceń projektowych.

Rozpatrywany przez Autora problem naukowy mieści się nurcie współczesnych zagadnień budownictwa stalowego, jest aktualny i celowy. Mimo wielu ograniczeń możliwości wykorzystania w praktyce, należy go wysoko ocenić z punktu widzenia aplikacyjnego. Wobec dużych oczekiwań ze strony projektantów konstrukcji, dla których wymagane jest przeprowadzenie obliczeń odporności ogniowej, niniejsza rozprawa dostarcza wielu odpowiedzi na wątpliwości, jakie powstają na etapie modelowania rozwoju pożaru i oceny nośności obiektu oraz jego elementów w warunkach pożaru.

4. Podsumowanie oraz wniosek końcowy

Przedstawione w recenzji osiągnięcia kandydata pozwalają na pozytywną ocenę merytoryczną rozprawy, a przedstawione uwagi krytyczne lub wątpliwości recenzenta powinny być wyjaśnione podczas dyskusji w trakcie publicznej obrony rozprawy.

W recenzowanej rozprawie doktorskiej, kandydat do awansu naukowego na stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie budownictwo przeprowadził oryginalne badania i analizy dotyczące ważnego problemu naukowego, jakim są wiarygodne oszacowania odporności ogniowej obiektów wielkogabarytowych o konstrukcji stalowej. Podjął próbę weryfikacji oraz walidacji proponowanych modeli numerycznych, wykazując się ogólną wiedzą teoretyczną i praktyczną z zakresu mechaniki ustrojów i konstrukcji nośnej oraz z zakresu numerycznej analizy konstrukcji stalowych w ujęciu sformułowania MES, w tym wykazał się umiejętnością twórczego zastosowania istniejącego oprogramowania uzupełniając je o własne procedury i arkusze obliczeniowe.

Autor rozpoznał aktualny stan wiedzy w tematyce objętej rozprawą, sformułował problem badawczy oraz wykazał się umiejętnością prowadzenia badań w zakresie odpowiednim do nakreślonego celu rozprawy, a także w zakresie zastosowanej metodologii badań i sposobu wnioskowania.

Powyższe oznacza, że recenzowana praca doktorska spełnia wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65. poz. 595 z późniejszymi zmianami), a w związku z tym wnioskuję o przyjęcie rozprawy oraz dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Henryk. Silenolak

Handwritten signature and initials in blue ink, consisting of a large loop and some smaller marks.