Dr hab. Marek Kociszewski
Wydział Matematyki, Fizyki i Techniki
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy
Ul. Chodkiewicza 30,85-064 Bydgoszcz

Bydgoszcz, 3.09.2018 r.

Recenzja
Rozprawy doktorskiej mgra Marcina Podskarbiego
pt.: „Modelowanie właściwości nowo zaprojektowanych połączeń mebli szkieletowych"

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą formalną opracowania recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu prof. dra hab. Bartłomieja Mazeli nr WTD – 4000-4/2017 z dnia 3 lipca 2018 roku.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgra Marcina Podskarbiegopt.: „Modelowanie właściwości nowo zaprojektowanych połączeń mebli szkieletowych". Rozprawę przygotowano na Wydziale Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu pod kierunkiem promotora prof. dra hab. inż. Jerzego Smardzewskiego przy współpracy promotora pomocniczego dr Beaty Fabisiak. Praca obejmuje łącznie 104 strony, w tym 67 rysunków i 21 tabel i podzielona jest na 4 rozdziały, z których dwa zawierają liczne podrozdziały. W pracy umieszczono ponadto bibliografię (111 pozycji literaturowych, głównie w języku angielskim i 2 strony internetowe), streszczenie w języku polskim i angielskim oraz oświadczenie autora pracy o jej oryginalności i samodzielności jej przygotowania.

3. Ogólna ocena pracy

Produkcja mebli jest jedną z największych i najbardziej rozwojowych gałęzi polskiego przemysłu. Jest to tym ważniejsze, że 90% mebli sprzedawanych jest za granicę, co sprawia, że Polska jestjuż czwartym na świecie eksporterem tych wyrobów i wciąż pnie się w górę.Aby ten trend utrzymać konieczne jest prowadzenie ciągłych badań nad innowacyjnymi materiałami czy rozwiązaniami konstrukcyjnymi stosowanymi w meblarstwie. Podjęty przez

Autora rozprawy temat idealnie wpisuje się w te potrzeby. Praca dotyczy wciąż aktualnego tematu połączeń, które jak wiadomo z licznych doniesień literaturowych, decydują o właściwościach mechanicznych konstrukcji meblowej. Autor zaproponował nowe rozwiązania konstrukcyjne połączenia narożnikowego, które będą możliwe do stosowania przez producentów mebli szkieletowych. Należy podkreślić, że Autor prawidłowo podszedł do rozwiązania przedstawionego problemu. Najpierw określił parametry połączeń, które spełnią oczekiwania wykorzystujących je później technologów mebli, następnie zaprojektował je i zasymulował ich pracę za pomocą metody elementów skończonych, a dla wybranych złączy wykonał badania eksperymentalne będące weryfikacją analiz numerycznych.

Przejrzystość pracy pomniejsza sposób jej sformatowania. Stosowanie zbyt małych odstępów przed i pod nagłówkiem rozdziałów i podrozdziałów, a także brak rozpoczęcia każdego rozdziału od nowej strony znacząco utrudnia czytanie opracowania.

4. Ocena szczegółowa pracy

Tytuł pracy jest generalnie zgodny z celem i treścią rozprawy. Wydaje się jednak, że powinien być on nieco inaczej sformułowany. Z tytułu wynika, że Autor będzie modelował właściwości zaprojektowanych połączeń. W efekcie jednak mamy serię propozycji konstrukcyjnych nowych złączy, dla których określane są właściwości mechaniczne połączeń. Myślę, że tytuł mógłby brzmieć np. „Nowe złącza dla mebli szkieletowych" lub „Właściwości nowo zaprojektowanych połączeń mebli szkieletowych".

Geneza pracy

W rozdziale zatytułowanym „Geneza pracy" Autor zawarł zarówno wprowadzenie do tematu, jak również analizę dostępnej literatury dotyczącej poruszanego zagadnienia. We wprowadzeniu Autor wystarczająco uzasadnił, jak ważnym elementem mebla są połączenia jego elementów składowych i dlaczego należy wciąż starać się o poprawę ich właściwości mechanicznych. Wydaje się jednak, że byłoby wskazane szersze wytłumaczenie, dlaczego warto podążać w kierunku tworzenia nowych złączy, zamiast poprawy już istniejących.

Analiza literatury zawiera kilkadziesiąt pozycji, które na ogół zostały wydane w ostatnich latach. Autor przeanalizował wpływ wybranych czynników konstrukcyjnych na właściwości mechaniczne połączeń kątowych, uwzględniając zarówno konstrukcje

skrzyniowe jak i szkieletowe. Autor doszedł do wniosku, że w grupie mebli skrzyniowych stosowana jest znacznie szersza gama złączy, co uzasadnia jego zamierzenia opracowania nowych złączy przeznaczonych do montażu mebli szkieletowych.Rozdział ten pokazuje, że Autor jest zapoznany z aktualną literaturą światową dotyczącą zagadnienia, przy czym nie sposób nie zauważyć, że w prezentowanej analizie literatury panuje pewien chaos, który utrudnia jego odbiór przez czytelnika. Myślę, że analiza ta byłaby bardziej przejrzysta gdyby wykonano ją według jakiegoś klucza. Autor nie ustrzegł się też drobnych błędów merytorycznych i językowych, np. „ramy krzeseł wykonane z siedmiu typów złączy" (str. 9), „szerokość kołka" (str. 10), „połączenia wykonane z drewna bukowego miały największą siłę wyciągnięcia" (str. 9), itp. Ponadto pewnego porządku brakuje w stosowaniu określeń „połączenie" i „złącze", gdyż nie są to określenia równoznaczne.

Cel pracy

W rozdziale tym Autor jednoznacznie wyjaśnia, jakie sobie stawia cele badawcze, zarówno te główne, jak i pośrednie. Cele te są jasno sformułowane i adekwatne do opisanych w dalszej części badań.

Metodyka badań

W pierwszej części tego rozdziału Autor zaproponował wykonanie analizy potrzeb dotyczących złączy stosowanych w polskich fabrykach mebli. W tym celu stworzył ankietę, którą wysłał do 2500 małych i średnich fabryk mebli, otrzymując 253 odpowiedzi. Po przeprowadzeniu analizy statystycznej określił preferencje technologów dotyczące m.in. widoczności złącza, jego rozłączności, siły montażu, użycia narzędzi, estetyki czy możliwości recyklingu. Analiza ta była podstawą wyboru cech połączeń, pod kątem których przeanalizowano szeroką gamę możliwych do zastosowania złączy. Należy tu zauważyć, że w tym szerokim zestawie uwzględniono tylko złącza wykorzystujące łączniki, a brakuje tych, które łączników nie wymagają, np. czopowego. Jest to o tyle istotne, że Autor stosuje też opracowany przez siebie „współczynnik montażu CoA", który uwzględnia m.in. liczbę łączników. Przy okazji warto dodać, że ten autorski współczynnik jest bardzo ciekawym podejściem do opracowania rankingu złączy pod kątem ich technologicznej złożoności. Ponadto wydaje się, że przejrzystość pracy byłoby większa, gdyby opisane wyżej założenia analizy (pkt. 3.1-3.2) wraz z wynikami tych analiz (pkt. 4.1-4.2) zostały wydzielone do oddzielnego rozdziału.

W drugiej części rozdziału Autor opisał uwzględnione do wytworzenia połączeń materiały, sposób wykonania próbek, a także metody ich badania. Prawidłowo dobrał metody badań i sposób wyznaczenia właściwości mechanicznych połączeń. W dalszej części rozdziału opisano sposób modelowania analizowanych połączeń za pomocą metody elementów skończonych. Należy to uznać za znaczący walor pracy, wskazujący na duże umiejętności Autora w stosowaniu programów komputerowych do modelowania elementów konstrukcyjnych.

Uwagi krytyczne dotyczące tego rozdziału:

- brak jest dostatecznego wyjaśnienia, dlaczego łączone elementy ramiakowe wykonane są ze sklejonych płyt HDF. To, że koncern IKEA produkuje takie elementy nie jest wystarczającym uzasadnieniem, zwłaszcza że większość mebli szkieletowych jest wykonana z litego drewna;
- próbki do oznaczania modułu Kirchhoffa mają rozmiar 200x200x30 mm. Oznacza to, że długość boku próbki jest 15 razy większa od jej grubości. Biorąc pod uwagę, że analiza ta opiera się na teorii skręcania cienkiej płyty, stosunek długości boku próbki do jej grubości wydaje się zbyt mały. Na ogół stosunek ten przyjmuje się jako 20-25. Ponadto stwierdzone jest, że stosunek długości boku próbki do jej grubości znacząco wpływa na uzyskany wynik modułu ścinania. Z tego względu trudno porównać wyniki modułu ścinania sklejonego kompozytu i płyty HDF, dla której ten stosunek był na poziomie 50;
- w pracy badane są właściwości mechaniczne sklejonego pakietu płyt HDF. Autor pisze, że wyznacza dla tego materiału E_1 i E_2, odpowiednio dla obciążenia w kierunku prostopadłym i równoległym do płaszczyzn płyty. Jeżeli jednak wziąć pod uwagę układ współrzędnych przy rysunku 10b, to moduł E_2 miałby dotyczyć kierunku prostopadłego do płaszczyzn sklejonych płyt. Na próbkach pokazanych na rysunku 10b nie można jednak wyznaczyć modułu sprężystości i wytrzymałości w kierunku prostopadłym do płaszczyzn sklejenia, a jedynie właściwości mechaniczne w płaszczyźnie równoległej do spoin klejowych. Należy domniemywać, że uzyskane wartości modułów mają być wykorzystane jako stałe materiałowe podczas modelowania numerycznego analizowanych połączeń. Problem jest niewielki jeśli modelowane ramiaki mają układ warstw równoległy do płaszczyzny połączenia (ryc. 31). Jeżeli jednak modelowane ramiaki mają układ warstw jak na rysunkach 12 i 16 to podanie nieprawidłowej wartości stałej materiałowej w kierunku prostopadłym do warstw może znacząco wpłynąć na wynik analiz. Wynika to faktu, że właściwości mechaniczne w kierunku prostopadłym do płaszczyzn płyty pilśniowej są wielokrotnie niższe

od tych właściwości w płaszczyźnie płyty, co w efekcie wpływa na sztywność i wytrzymałośćwykonanego z tej płyty połączenia;

- rycina 10 jest powtórzeniem ryciny 5;
- wzór (3) na stronie 27 powinien dla sklejonego pakietu płyt HDF zawieraćE_1;
- brak opisu symboli: M_R, M_Z, e''(str. 30);
- dlaczego zakresem obciążeń było 0 – 0,4 P_{max}?, skoro na ogół stosuje się normatywny zakres 0,1-0,4$P_{max.}$;

Wyniki badań i ich analiza

Podobnie jak rozdział poprzedni, także ten fragment pracy można podzielić na kilka części. W pierwszej Autor przedstawił wyniki badań ankietowych definiując potrzeby producentów mebli w zakresie stosowanych złączy, a także efekty analizy cech uwzględnionych w badaniach połączeń. Jest to interesujące i nowe podejście do tego zagadnienia, dzięki kompleksowemu uwzględnieniu wielu czynników determinujących wybór odpowiedniego typu złącza.Pozwoliło to na sformułowanie szczegółowych założeń dla projektowanych przez Autora nowych rozwiązań konstrukcyjnych płaskiego połączenia narożnikowego. W efekcie, w podrozdziale 4.3, Autor przedstawił propozycje dziewięciu złączy dedykowanych meblom szkieletowym, a następnie, wykorzystując środowisko CAD, zbudował wirtualne modele połączeń, przedstawiając je wraz ze schematami ich działania. Jest to tym cenniejszy fragment pracy, że wszystkie propozycje złączy są nowatorskie, i co ważne możliwe do praktycznego zastosowania.

W dalszej części rozdziału przedstawiono wyniki analiz numerycznych proponowanych połączeń, co zdecydowanie można uznać za walor pracy. Za pomocą barwnych map zobrazowano rozkłady naprężeń oraz ich wartości w wybranych punktach. Pozwoliło to Autorowi na wskazanie tych połączeń, które będą mogły przenieść największe obciążenia. Na bazie tych analiz wybrano trzy połączenia, które wykonano i poddano badaniom eksperymentalnym. Należy podkreślić, że wykonane połączenia zawierały elementy wytworzone z tworzywa sztucznego za pomocą druku 3D, co pokazuje możliwości i umiejętności Doktoranta w rozwiązywaniu problemów technicznych. W wyniku badań eksperymentalnych Autor określił sztywność i wytrzymałość połączeń poddanych próbie zwierania i rozwierania ich ramion. Jako punkt odniesienia dla uzyskanych wartości wybrano połączenie ze złączem czopowym, które również poddano podobnym badaniom. Eksperyment podsumowano analizą statystyczną w celu stwierdzenia istotności różnic pomiędzy średnimi wartościami analizowanych wielkości oznaczonych dla badanych połączeń. Ważnym

elementem pracy jest porównanie wyników uzyskanych na drodze modelowania numerycznego i z eksperymentu. Autor dokonał tego poprzez zestawienie przemieszczeń wybranego punktu połączenia przy założeniu jednakowej wartości obciążenia. Różnice są na ogół dość wysokie, dochodząc nawet do 52%. Powodem tego może być, co podkreśla Autor, użycie w złączu elementów ruchomych, a także niezbyt wierne odwzorowanie sił występujących w złączu (np. siły tarcia).

Na końcu tego rozdziału umieszczono wnioski z przeprowadzonych badań. Są one czytelne i adekwatne do przeprowadzonej analizy wyników badań. Wydaje się jednak, że mogłyby być one poszerzone, uwzględniając na przykład przeprowadzone badania ankietowe czy analizę cech połączeń, W jednym z wniosków Autor zawarł stwierdzenie, że wszystkie proponowane rodzaje złączy otrzymały numery zgłoszeń patentowych, co dowodzi istotnej wartości tej pracy.

Uwagi krytyczne dotyczące tego rozdziału:

- ryciny 36 i 37 (str.46 i 47) zawierają błędy w podpisach kolumn. Większość porównywanych ze sobą par wartości ma ten sam podpis, co uniemożliwia ich identyfikację;
- podpis ryciny 36 też jest błędny, gdyż zawiera „producentów mebli skrzyniowych, szkieletowych i tapicerowanych" choć w tekście Autor pisze, że uwzględnia tylko producentów mebli skrzyniowych;
- w pkt. 4.1 użytkowników połączeń podzielono na dwie grupy. W jednej z tych grup umieszczono razem producentów mebli skrzyniowych i tapicerowanych, które mają przecież różne oczekiwania co do np. widoczności złącza. Producent sof czy kanap nie ma zapewne problemu, czy jego złącze będzie widoczne. Może rozdzielenie tych producentów dałoby czytelniejsze wyniki analizy;
- uzyskane z analizy numerycznej wartości naprężeń prezentowane są ze zbyt dużą dokładnością. Podawanie trzeciego, czy czasem czwartego miejsca po przecinku (str. 70) wydaje się zbyteczne;
- w prezentowanych w pracy liczbach, do oddzielenia miejsc dziesiętnych Autor stosuje kropkę, a w polskim zapisie liczbowym powinno stosować się przecinek.

5. Podsumowanie i wnioski końcowe

Recenzowaną rozprawę doktorską uważam za cenną z naukowego, jak również praktycznego punktu widzenia. Autor przedstawił nowe narzędzie do oceny przydatności stosowanych połączeń, a także zaproponował szeroką gamę rozwiązań konstrukcyjnych

nowych złączy, możliwych do zastosowania w meblach szkieletowych.Przedstawiona praca stanowi oryginalne i nowatorskie dzieło naukowe, wnoszące wkład w rozwój nauk leśnych w dyscyplinie drzewnictwo.Można zatem stwierdzić że praca mgra inż. Marcina Podskarbiego spełnia wymagania zawarte w ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.) i stanowi podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora nauk leśnych w dyscyplinie drzewnictwo. Wnoszę więc o dopuszczenie mgra inż. Marcina Podskarbiego do publicznej obrony wyżej wymienionej rozprawy.

Marek Kocierski