

Warszawa, 24.10.2022 r.

dr hab. inż. Danuta Miedzińska, prof. uczelni  
Wojskowa Akademia Techniczna im. J. Dąbrowskiego  
Wydział Inżynierii Mechanicznej  
Instytut Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej

## **Recenzja**

rozprawy doktorskiej **mgr. inż. Piotra Rafała Kosińskiego**  
pt. „**Modelowanie 3D laminowanej szyby**  
**samochodowej uwzględniające wpływ temperatury**”

### **1. Podstawa opracowania recenzji**

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pt. „Modelowanie 3D laminowanej szyby samochodowej uwzględniające wpływ temperatury” autorstwa mgr. inż. Piotra Rafała Kosińskiego. Praca została zrealizowana pod kierunkiem dr. hab. inż. Piotra Żacha, profesora uczelni (promotora) oraz dr. inż. Jarosława Mańkowskiego (promotora pomocniczego) na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej.

Recenzja została opracowana na podstawie pisma od Dziekana Wydziału SiMR PW prof. dr. hab. inż. Piotra Przybyłowicza z dnia 3 października 2022 r. z dołączonym egzemplarzem rozprawy zgodnie z uchwałą Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna PW z dnia 30 czerwca 2022 r.

### **2. Sylwetka Doktoranta**

Pan mgr inż. Piotr Rafał Kosiński realizuje prace badawcze w ramach pracy doktorskiej na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych od roku 2012. Z przedstawionych dokumentów wynika, iż Doktorant nie ubiegał się uprzednio o nadanie stopnia naukowego doktora. Tytuł inżyniera uzyskał w roku 2011, tytuł magistra – w roku 2012. Obie prace zrealizował na Wydziale SiMR PW.

Doktorant posiada bogate doświadczenie zawodowe związane z pracą w przemyśle samochodowym. Zajmował stanowiska projektanta, inżyniera w firmach takich, jak Faurecia R&D Center, Jaguar Land Rover, Lotus Cars, Tecosim. Należy podkreślić, iż większość doświadczenia została zdobyta za granicą (Wielka Brytania).

Doktorant posiada więc doświadczenie związane ze współpracą z przemysłem, dzięki czemu mógł swoją pracę doktorską realizować w aspekcie przyszłego wdrożenia, bądź wykorzystania w przyszłych rozwiązaniach konstrukcyjnych pojazdów.

Doktorant jest również współautorem siedmiu publikacji w czasopismach naukowych, zarówno polskich, jak i o zasięgu międzynarodowym, w tym artykułu w czasopiśmie Materials (140 pkt. lista MNiSW) oraz współautorem jednego rozdziału w monografii. Doktorant prezentował swoje wyniki badań na pięciu konferencjach krajowych, a także brał udział w dwóch projektach badawczych. Jest laureatem trzech nagród za pracę magisterską. Przedstawiony powyżej dorobek naukowy pana mgr. inż. Piotra Rafała Kosińskiego świadczy o jego należyтым przygotowaniu do prowadzenia i upowszechniania badań naukowych.

### **3. Ocena podjętego tematu pracy**

Podjęty w rozprawie doktorskiej mgr. inż. Piotra Rafała Kosińskiego temat jest niezwykle istotny z punktu widzenia bezpieczeństwa uczestników ruchu drogowego, a także ważny pod względem wartości naukowej i poznawczej. Praca dotyczy analizy eksperymentalno-numerycznej zjawiska pęknięcia samochodowych szyb laminowanych w trakcie zderzenia z pieszym (w pracy zwanym NUD – niechroniony użytkownik ruchu drogowego). Zagadnienie to zostało rozwiązane z uwzględnieniem zmiennej temperatury użytkowania szyby, co do tej pory nie było rozpatrywane w podobnych analizach.

Zwiększenie bezpieczeństwa niechronionych użytkowników ruchu drogowego, w tym przede wszystkim pieszych, rowerzystów, użytkowników hulajnóg, jest zagadnieniem stale rozpatrywanym przez wiele grup – producentów pojazdów, logistyków planujących infrastrukturę drogową czy prawodawców.

W 2020 roku na przejściach dla pieszych zginęło 197 osób, w 2021 – 153 osoby. Uważa się, że ten spadek może wynikać z zaostrzenia przepisów dotyczących dopuszczalnej prędkości, jak i zmniejszonego ruchu na drogach wywołanego pandemią koronawirusa. Widoczny jest jednak potencjał do dalszego poprawiania warunków użytkowania dróg. Dodatkowo, jak zauważył

autor recenzowanej pracy, w miesiącach zimowych, kiedy temperatura powietrza jest niska, następuje znaczny wzrost przypadków śmiertelnych NUD podczas kolizji z autami. Jedną z przyczyn tego zjawiska może być oczywiście zmiana warunków drogowych (opady, mgły, śliska nawierzchnia). Jednak inną przyczyną może być również zmiana parametrów wytrzymałościowych laminowanych szyb samochodowych, w których zawartość w kompozytowej strukturze warstwy folii polimerowej powoduje wzrost np. modułu Kirchhoffa wraz ze spadkiem temperatury.

Analiza opisanego powyżej zagadnienia modelowania szyby laminowanej samochodu z uwzględnieniem wpływu temperatury i zmiany jej parametrów wytrzymałościowych na bezpieczeństwo niechronionych użytkowników dróg została przeprowadzona w recenzowanej rozprawie doktorskiej.

#### **4. Ogólna charakterystyka pracy**

Rozprawa doktorska pt. „Modelowanie 3D laminowanej szyby samochodowej uwzględniające wpływ temperatury” mgr. inż. Piotra Rafała Kosińskiego została ujęta na 171 stronach. Zawiera jedenastę rozdziałów oraz streszczenie i słowa kluczowe zarówno w języku polskim, jak i angielskim.

Pierwszy rozdział pracy jest krótkim opisem rozważanej przez Doktoranta problematyki badawczej. W rozdziale tym została w sposób jasny określona teza jako „bezpieczeństwo głowy pieszego w trakcie uderzenia w szybę laminowaną jest nieliniowo zależne i zmniejsza się wraz z obniżaniem temperatury”. Przedstawiony został krótki przegląd literatury, który stanowi poparcie prawidłowości przyjęcia wyżej wymienionej tezy. W rozdziale opisana została również pokrótce przyjęta metodyka badań.

W rozdziale drugim ujęto szeroki przegląd literatury związany z rozpatrywanymi zagadnieniami badawczymi. W rozdziale ujęto ciekawe rozważania dotyczące historii regulacji prawnych dotyczących zderzeń z pieszymi, badań tych zjawisk, przepisów homologacyjnych i konsumenckich związanych z bezpieczeństwem pieszych jako uczestników ruchu drogowego w aspekcie wyodrębnienia najistotniejszych metod badawczych oraz najbardziej niebezpiecznych dla NUD scenariuszy zderzenia. Kolejnym podjętym w rozdziale zagadnieniem były analizy statystyk dotyczących wypadków drogowych z udziałem pieszych. W tym aspekcie wskazano istotne czynniki wpływające na śmiertelność uczestników tych

zdarzeń, jak prędkość pojazdu, ale także temperatura otoczenia. Tym samym wskazano na celowość badań ujętych w rozprawie na podstawie korelacji między spadkiem temperatury w miesiącach jesienno-zimowych a wzrostem śmiertelności NUD w wypadkach drogowych, co może być wywołane m.in. zmianami parametrów wytrzymałościowych szyb samochodowych, z którymi najczęściej zderza się głowa poszkodowanego. Konieczne są więc analizy konstrukcji pojazdów w celu zwiększenia bezpieczeństwa niechronionych użytkowników ruchu drogowego.

Rozdział trzeci zawiera opis konstrukcji samochodowych szyb laminowanych. Doktorant opisał budowę i właściwości oraz technologie produkcji szkła, w tym szkła typu float i szkła zakrzywionego stosowanego do wyrobu szyb laminowanych. Przedstawione zostały właściwości fizyczne i mechaniczne szkła typu float oraz analiza procesów pęknięcia w nim zachodzących w zależności od obciążenia wraz z opisem stosowanych kryteriów pęknięcia. W dalszej części rozdziału opisano budowę szyby laminowanej wraz z charakterystyką procesu jej niszczenia. Przybliżono właściwości mechaniczne i fizyczne polimerów stanowiących warstwę przejściową między taflami szkła, w szczególności poliwinylbutralu (PVB) badanego w rozprawie. Opisano też szczególne cechy szyb laminowanych zastosowanych w konstrukcji samochodów.

W rozdziale czwartym zostały ujęte badania własne, stanowiące wstęp do dalszych rozważań – badania materiałowe żywicy PVB w temperaturze standardowej (20°C). Próby rozciągania zostały przeprowadzone na autorskim stanowisku badawczym. Testy przeprowadzono w zakresie quasi statycznym dla czterech różnych prędkości odkształcenia. Na podstawie przeprowadzonych testów przeanalizowano dostępne komercyjnie w bibliotekach oprogramowania modele konstytutywne dla materiałów hiperelastycznych i wykonano pierwsze testy numeryczne z użyciem modelu Ogdena.

Kolejnym etapem pracy ujętym w rozdziale piątym było przeprowadzenie badań materiałowych PVB w wybranym zakresie wartości temperatury otoczenia (+20°C, +10°C, 0°C, -10°C, -20°C, -30°C) z użyciem zmodyfikowanego stanowiska badawczego, uwzględniając różne prędkości odkształcenia. Testy te zostały wykorzystane do budowy modeli numerycznych odzwierciedlających te próby, wykorzystując model Marlow dla materiału PVB.

Rozdział szósty stanowi opis modelowania płyty laminowanej. Określono model materiału dla szkła i PVB, założenia dotyczące modelowania kontaktu między warstwami, a także zbudowano i zwalidowano model impaktora głowy, określany zgodnie z wytycznymi

Regulaminu 127 ONZ. Przeprowadzono analizy numeryczne propagacji pęknięć z uwzględnieniem rodzaju połączenia warstw struktury laminowanej szyby samochodowej, różnych modeli materiału PVB. Wykonano obliczenia parametru HIC (Head Injury Criterion) dla wybranych położeń impaktora. Przeprowadzono analizę wpływu rodzaju i wielkości siatki elementów skończonych. W końcowej części rozdziału przeprowadzono modelowanie dla temperatury  $+20^{\circ}\text{C}$  i  $-5^{\circ}\text{C}$  wraz z wyznaczeniem HIC dla tych obliczeń.

W rozdziale siódmym zostały przedstawione obliczenia numeryczne szyby laminowanej z uwzględnieniem opisu zniszczenia w materiale szklanym. Przeprowadzono testy dla warstwy PVB, następnie dla szkła z użyciem modelu Johnsona-Holmquista.

Analizy szyby laminowanej, przedstawione w rozdziale ósmym, przeprowadzono dla geometrii rzeczywistej (samochód Opel Astra II) dla wartości temperatury z zakresu  $+20^{\circ}\text{C}$ ,  $+10^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $-30^{\circ}\text{C}$ . W wyniku prowadzonych obliczeń wyznaczono maksymalną wartość HIC w zależności od temperatury, tym samym udowadniając tezę pracy.

Rozdział dziewiąty stanowi jakoby „dodatek” do obliczeń właściwych. Doktorant dokonał interesujących analiz uwzględniających podgrzewanie szyby przedniej na analizowane zjawisko zderzenia NUD z laminowaną szybą samochodową.

W rozdziale dziewiątym zostały zawarte logiczne wnioski i podsumowanie przeprowadzonych badań.

Rozdział jedenasty pracy stanowi wykaz przytoczonej w tekście literatury. Zawiera on 64 pozycje bibliograficzne, aktualne i bezpośrednio związane z tematyką pracy, w tym artykuły naukowe, dokumenty prawne, książki i strony internetowe, zarówno w języku polskim, jak i angielskim.

Podsumowując, należy stwierdzić, iż przyjęty układ pracy jest prawidłowy, przejrzysty i czytelny, co sprawia, iż dysertacja tworzy spójną i logiczną całość. Praca jest napisana przystępnym językiem, a przyjęta terminologia jest właściwa.

## **5. Ocena merytoryczna pracy**

Przyjęte w recenzowanej rozprawie doktorskiej metody badawcze są prawidłowe w odniesieniu do rozpatrywanej problematyki, jaką jest analiza bezpieczeństwa niechronionych uczestników ruchu drogowego. Do rozwiązania zadania badawczego Doktorant zaproponował sprzężoną

metodę eksperymentalno – numeryczną. W analizach komputerowych do badania materiału kompozytowego w formie szkła laminowanego użyta została metoda elementów skończonych. Dla obliczenia parametru HIC wykorzystano metody analityczne.

Wykorzystane zostały dwa komercyjne solvery obliczeniowe MES – Ansys i LS Dyna. Do badań wytrzymałościowych natomiast zostało zaprojektowane przez Doktoranta dedykowane stanowisko badawcze do prób rozciągania polimerów w różnej temperaturze otoczenia, wraz z rejestracją parametrów wytrzymałościowych.

Cel i teza rozprawy zostały określone prawidłowo. Słuszność tezy została poparta szerokim przeglądem literatury, zarówno w zakresie konstrukcji pojazdów (w tym właściwości szkła float, PVB i metod ich wytwarzania), metod badań uderzenia NUD w pojazd, jak również statystyk dotyczących śmiertelności pieszych w wypadkach drogowych w korelacji z temperaturą otoczenia (porą roku). Można oczywiście zastanawiać się, czy dodatkowym efektem zwiększającym śmiertelność w miesiącach zimowych nie jest słaba widoczność czy śliska nawierzchnia, jednak zmiana właściwości mechanicznych szyby samochodowej również wpływa na to zjawisko, stąd konieczność i możliwość praktycznego wykorzystania przedstawionych w rozprawie wyników badań.

Rozważania dotyczące przeprowadzonych badań są przedstawione w sposób przejrzysty i czytelny, przystępnym językiem z prawidłowo użytą terminologią badawczą. Wywód jest logiczny.

Doktorant rozpoczyna opis badań własnych od przedstawienia prób rozciągania PVB. Badania zostały przeprowadzone na autorskim stanowisku, które zapewniło właściwy uchwyt próbki w szczękach maszyny wytrzymałościowej, Na podstawie tych wyników Doktorant skategoryzował PVB jako elastomer i dla takiego materiału opisał wybrane modele konstytutywne zawarte w bibliotekach oprogramowania MES. Pierwsza próba modelowania została przeprowadzona z użyciem poprawnie zwalidowanego modelu Ogdena.

Kolejne opisane badania dotyczą bardzo interesujących badań eksperymentalnych (próby quasi-statycznego rozciągania) PVB w temperaturze  $+20^{\circ}\text{C}$ ,  $+10^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $-30^{\circ}\text{C}$  oraz różnych prędkości odkształcenia. W tym celu zmodyfikowane zostało stanowisko badawcze tak, aby umożliwić wiarygodny pomiar w komorze klimatycznej. Wyniki zostały przeanalizowane prawidłowo. Na ich podstawie przeprowadzono analizy MES odzwierciedlające eksperyment używając modelu Marlow. Uzyskana zbieżność była zadawalająca. Natomiast Doktorant pominął kwestie związane z analizą statystyczną

przeprowadzonych prób eksperymentalnych. W tym miejscu można by było również zastanowić się nad różnicami między badanymi próbkami a stosowaną w szybach laminowanych folią PVB ze względu na ich sposób wytwarzania – kwestię wytworzenia próbek do badań pominięto, stąd nie jest jasne czy takie różnice mogą wystąpić.

Następnie doktorant zbudował i zwalidował model impaktora głowy zgodnie z odpowiednimi wymogami normowymi. Należy zaznaczyć, iż model jest bardzo przydatnym narzędziem do analiz zagadnień bezpieczeństwa NUD, w tym obliczeń HIC. Jest uniwersalny, więc może być stosowany także do innych analiz.

W dalszej części rozprawy opisano przygotowanie modelu uderzenia impaktora głowy w szybę przednią pojazdu, analizując takie czynniki jak sposób połączenia szyby z PVB i różne modele materiału dla tego polimeru, analizując dodatkowo model Low-density foam, przy czym model ten nie został w pracy scharakteryzowany. Przy użyciu wybranego modelu konstytutywnego przeprowadzona analiza parametry HIC wybierając „najbardziej niebezpieczny” punkt na płaszczyźnie szyby w aspekcie zagrożenia dla głowy pieszego podczas zderzenia. Wyniki te są bardzo interesujące, jednak w dalszej części pracy analizy były prowadzone dla „najbezpieczniejszego” wariantu. W tej części rozprawy Doktorant przeprowadził także analizy wpływu rodzaju siatki elementów skończonych na wyniki obliczeń, natomiast nie wszystkie wnioski z tych analiz zostały wykorzystane w dalszych badaniach numerycznych. Dodatkowo wykonano pierwsze analizy dotyczące wpływu temperatury na HIC, potwierdzając wstępnie tezę rozprawy.

Kolejne analizy uwzględniały zniszczenie materiału warstwy szklanej szyby laminowanej. W tym celu Doktorant do modelu wprowadził zaawansowany opis szkła w postaci modelu konstytutywnego Johnsona – Holmquista, co jest podejściem prawidłowym w przypadku rozważania zjawisk pęknięcia materiałów kruchych. Dane do modelu zostały przyjęte na podstawie literatury.

Na podstawie opisanych powyżej badań numeryczno – eksperymentalnych Doktorant zbudował ostateczny model numeryczny, dzięki któremu przeprowadził wiarygodne analizy uderzenia impaktora głowy w szybę laminowaną uwzględniając różne wartości temperatury otoczenia poprzez zmianę parametrów mechanicznych warstwy PVB. Wyniki analiz i wyznaczone na ich podstawie wartości parametru HIC potwierdzają słuszność postawionej tezy: „bezpieczeństwo głowy pieszego w trakcie uderzenia w szybę laminowaną jest nieliniowo zależne i zmniejsza się wraz z obniżaniem temperatury”.

W końcowej części rozprawy Doktorant przedstawił bardzo ciekawe badania numeryczne dotyczące dodatkowego aspektu mogącego mieć wpływ na analizowane zjawisko uderzenia głowy w szybę przednią samochodu – podgrzewanie szyby przedniej. W tym celu przyjęto obszar ogrzewany, zmodyfikowano model i wykonano analizy pokazujące wpływ tego czynnika na HIC. Wyniki są ciekawe, szczególnie dla temperaturt  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , gdzie następuje pogorszenie bezpieczeństwa NUD.

Podsumowując, recenzowana rozprawa mgr. inż. Piotra Rafała Kosińskiego pt. „Modelowanie 3D laminowanej szyby samochodowej uwzględniające wpływ temperatury” jest merytorycznie poprawna. Przedstawione wyniki są wiarygodne i stanowią dużą wartość poznawczą. Są też oryginalne.

## 6. Uwagi szczegółowe

W odniesieniu do przedstawionej w poprzednim punkcie oceny merytorycznej pracy należy wyróżnić główne oryginalne osiągnięcia Doktoranta:

- opracowanie metodyki modelowania szyb laminowanych trójwarstwowych (szkło-PVB-szkło) z uwzględnieniem zmiennych właściwości wytrzymałościowych PVB pod wpływem temperatury otoczenia,
- wyznaczenie parametru HIC z uwzględnieniem temperatury otoczenia, co ma bardzo duży aspekt poznawczy i praktyczny, mogąc przyczynić się do wzrostu bezpieczeństwa użytkowników dróg, w szczególności pieszych,
- opracowanie własnych stanowisk badawczych do analiz eksperymentalnych rozciągania PVB w wybranym zakresie wartości temperatury z uwzględnieniem specyfiki rejestracji wyników.

Uwagi ogólne dotyczące rozprawy, które w opinii recenzenta powinny zostać poddane głębszej dyskusji, są następujące:

1. Czy należałoby uwzględnić w przedstawionych analizach różnicę we właściwościach materiałowych próbek wiosełkowych i folii ze względu na różnicę w procesie wytwarzania (Doktorant nie wspomniał w rozprawie, jak zostały wytworzone próbki do badań).
2. Wartościowym byłoby opisanie zmian parametrów wytrzymałościowych PVB w aspekcie zmian strukturalnych w łańcuchach polimeru, uwzględniając takie cechy, jak temperatura zeszklenia, mięknięcia czy struktura krystaliczne.



3. Czy w modelach odzwierciedlających uderzenia głowy w szybę (z użyciem impaktora) nie należałoby dodatkowo uwzględnić wpływu prędkości odkształcenia, która według przedstawionych w rozprawie badań eksperymentalnych jest istotna, nawet w zakresie quasi-statycznym.
4. Przyjmując założenie, że szkło nie zmienia swych właściwości pod wpływem przyjętego zakresu wartości temperatury należałoby podać podstawy literaturowe takiego stwierdzenia.
5. Należałoby wyjaśnić, dlaczego Doktorant stosował tak różnorodne modele materiałowe, zarówno dla PVB (Ogdena, Marlow, Low Density Foam) i dla szkła.
6. Należałoby wyjaśnić, dlaczego nie uwzględniono w badaniach zawartych w rozdziale siódmym, ósmym i dziewiątym wyników analiz z rozdziału szóstego dotyczących wpływu kształtu siatki elementów skończonych na wyniki analiz zjawiska pęknięcia, z których wynikało, iż najwłaściwsza jest siatka koncentryczna, a nie stosowana w pracy regularna.

Uwagi szczegółowe są następujące:

1. Brak jest w pracy spisu symboli i oznaczeń.
2. Przyjęta numeracja rysunków, wzorów i tabel (jedna dla całej pracy, bez rozróżnienia na poszczególne rozdziały) utrudnia czytanie tekstu.
3. W pracy pojawiają się nieliczne błędy interpunkcyjne, stylistyczne i ortograficzne.
4. Dla badań eksperymentalnych nie podano, ile próbek zostało przebadanych, czy uwzględniano rozkład statystyczny otrzymanych wyników i czy do analiz numerycznych przyjmowano wartości średnie czy maksymalne czy inne.
5. W analizach numerycznych nie podawane są warunki brzegowe, szczególnie dla próbek wiosełkowych. Nie podano, w jaki sposób z modelu były odczytywane naprężenia i odkształcenia. Nie opisano wykorzystanych algorytmów obliczeniowych (szczególnie, iż zmieniono w trakcie analiz środowisko obliczeniowe) i nie podano zastosowanych parametrów dla użytego kontaktu Tie i modelu MAT\_ADD\_EROSION.
6. Nie wszędzie podano odwołanie do literatury, np. dla rysunków 6, 7, 10. Rys. 9 jest niewyraźny. Nie ma odwołania do literatury także dla wzorów podanych w rozdziale 3.

7. Na rys. 30 pokazano zależność naprężenia rzeczywiste – odkształcenia inżynierskie, bez wskazania, jak te pierwsze były mierzone. Należy też zaznaczyć, że na pozostałych wykresach zależność dotyczy naprężeń inżynierskich.

8. Dla rozdziału 6.7 „Analiza wpływu siatki elementów skończonych na proces pęknięcia szyby laminowanej” tytuł zawiera zbyt duży skrót myślowy.

## 7. Końcowa ocena pracy

Rozprawę doktorską mgr. inż. Piotra Rafała Kosińskiego pt. „Modelowanie 3D laminowanej szyby samochodowej uwzględniające wpływ temperatury” oceniam **wysoko**. Przede wszystkim zawiera ona istotne **elementy oryginalne**, przy czym uzyskane wyniki stanowią bardzo dużą wartość poznawczą, ale także potencjał **praktyczny** w aspekcie poprawy bezpieczeństwa użytkowników dróg i ulepszenia w tym względzie konstrukcji pojazdów. Doktorant wykazał się wiedzą w zakresie modelowania komputerowego metodą elementów skończonych, umiejętnością wykorzystywania różnych modeli konstytutywnych oraz projektowania i prowadzenia badań eksperymentalnych. Wykazał również umiejętności prowadzenia logicznego wywodu naukowego.

Recenzowana rozprawa spełnia wszystkie wymagania stawiane pracom promocyjnym na stopień doktora nauk inżynieryjno-technicznych (dyscyplina Inżynieria Mechaniczna) w rozumieniu ustawy „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dn. 14 marca 2003 r. (Dz. U. 2017, poz. 1789).

Niniejszym stwierdzam, iż Doktorant może zostać dopuszczony do obrony publicznej rozprawy pt. „Modelowanie 3D laminowanej szyby samochodowej uwzględniające wpływ temperatury”.

