

Prof. Senior dr hab. Leszek Wachowski

Wydział Chemii UAM
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8,
61-614 Poznań
email: wachow@amu.edu.pl
tel. kom. 603 777 125

Recenzja Rozprawy Doktorskiej

przedstawionej przez

mgr inż. Marcina Mateusza Hare

pt.

Wytwarzanie i badanie właściwości materiałów miotających o obniżonej wrażliwości

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska **mgr inż. Marcina Hary** została wykonana na Wydziale Nowych Technologii i Chemii Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie im. Jarosława Dąbrowskiego pod kierunkiem **prof. dr hab. inż. Waldemara Trzcieskiego**.

Autor dysertacji jest współautorem **3 publikacji** z Listy Journal Impact Factor (JIF) o **IF= 1,544** i **1.098**.

- [1] Szala M., **Hara M.**, Szymańczyk L., Surma Z. **2019**. Preliminary Study of New Propellants Containing Guanidinium or Triamino Guanidinium Azotetrazole, Propell. Explos. Pyrot., 42(11) : 1278-1282.
- [2] **Hara M.**, Trzcieski W.A. **2019**. Experimental and Theoretical Investigation on the Heat of Combustion of RDX-based Propellants, Centr. Eur. J. Energ. Mater., 16(3) : 399-411.
- [3] **Hara M.**, Trzcieski W.A., Cudziłło S., Szala M., Chyłek Z. Surma Z. **2020**. Thermochemical Properties, Ballistic Parameters and Sensitivity of New Experimental and Theoretical Investigation on the Heat of Combustion of New RDX-based propellants RDX-based Propellants, Centr. Eur. J. Energ. Mater., 17(2) : 223-238.

W dwóch ostatnich publikacjach przedstawił niektóre z wyników badań uzyskanych w ramach wykonywanej rozprawy doktorskiej.

Tytuł dysertacji sugeruje podjęcie ambitnej tematyki, która od lat uprawiana jest na Wydziale Nowych Technologii i Chemii Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie w grupie badawczej **Prof. dr hab. inż. W.A Trzcieskiego**.

Rosnące wymagania stawiane materiałom wybuchowym (MW) stosowanym w nowoczesnej amunicji oraz paliwom raketowym sprawiają, że podejmowane są liczne próby opracowania ich zamienników, odpowiadających nowoczesnym materiałom miotającym.

Występująca w składzie klasycznych materiałów miotających nitroceluloza (**NC**) i nitrogliceryna (**NG**) sprawiają, że są one podatne na incydentalną inicjację powodowaną oddziaływaniem, takich egzogennych czynników jak: mechaniczne, temperatura otoczenia, otwarte źródło ognia, tarcie lub fala uderzeniowa. Główną przyczyną ich podatności na oddziaływanie wymienionych czynników jest niska wartość temperatury dekompozycji organicznych estrów kwasu azotowego, do których należą wspomniane substancje (**NC**) i (**NG**).

Problem zagrożenia zarówno dla ludzi jak i sprzętu powodowany wysoką wrażliwością materiałów miotających na czynniki egzogenne został ograniczony dzięki opracowaniu składu chemicznego prochów o zredukowanej wrażliwości oznaczane akronimem **LOVA** (ang. *Low Vulnerability Ammunition*), które w latach 80-tych XX w. wprowadzono w USA do stosowania.

Najczęściej w składzie tej nowej generacji prochów występuje:

- klasyczny wysokoenergetyczny materiał (**MW**) kruszący z grupy heterocyklicznych nitroamin, jako główny materiał energetyczny, którym najczęściej jest heksogen (**RDX**) lub oktogen (**HMX**) w ilości 60-85 % wag;
- octano-maślan celulozy (**CAB**) jako polimerowe spoiwo (wosk) w ilości 10-25 % wag.
- jeden lub więcej obojętnych plastyfikatorów.

Przykładowymi prochami zaliczanymi do grupy **LOVA**, w których głównymi składnikami energetycznymi są odpowiednio **RDX** i **HMX** oznaczone są akronimami **XM39** i **M43**, natomiast funkcję spoiwa pełni octano-maślan celulozy (**CAB**). Podatność na oddziaływanie egzogennych bodźców w grupie prochów zaliczanych do **LOVA** jest kilkakrotnie mniejsza od wykazywanej przez konwencjonalne jedno i dwubazowe prochy.

Rozprawa obejmująca 164 str. tekstu została zredagowana w sposób ogólnie przyjęty z podziałem na wstęp, część literaturową, część eksperymentalną, podsumowanie i wnioski oraz cytowana literatura.

W części literaturowej obejmującej 57 stron tekstu Doktorant dokonał przeglądu literatury dotyczącej prochów zaliczanych do grupy **LOVA** będącej przedmiotem badań oraz dwubazowego prochu oznaczonego akronimem **JA2** pełniącego rolę materiału odniesienia (str. 9-34). W następnej kolejności opisano metody wytwarzania ciasta prochowego i metody zapłonu prochów typu **LOVA** (str. 35-38). Opisano również metody badań materiałów miotających z uwzględnieniem zaliczanych do typu **LOVA** obejmujących ich: trwałość chemiczną, właściwości mechaniczne i wrażliwość na oddziaływanie bodźców egzogennych (str. 38-48). Rozdz. 3. części teoretycznej poświęcony został omówieniu parametrów termochemicznym wyznaczanych dla potrzeb balistyki wewnętrznej (str. 49-50), przeglądowi kodów obliczeniowych, przeglądowi wybranych kodów oraz opisowi

termodynamicznego modelu spalania materiałów miotających wraz ze stosowaną procedurą ich obliczania (str. 51-63).

W Rozdz. 4. Doktorant sformułował tezę dysertacji po wnikliwej analizie literatury przedmiotu, której udowodnienie uwarunkował realizacją założonego zakresu badań. Głównym celem przedstawionej do recenzji dysertacji było przygotowanie materiałów miotających o zróżnicowanym składzie chemicznym oraz określenie ich parametrów termochemicznych i balistycznych. Zaliczany do grupy prochów **LOVA** dwufazowy proch o akronimie **JA2** posłużył, jako materiał odniesienia w ocenie stopnia obniżenia wrażliwości badanych przez Doktoranta. prochów.

W założonym zakresie badań wyróżniono pięć etapów, które obejmowały:

- **teoretyczną optymalizację składu chemicznego prochów** o potencjalnie obniżonej wrażliwości, której celem było określenie optymalnych wartości wybranych parametrów termochemicznych i balistycznych, które obliczano korzystając z modelu termodynamicznego procesu spalania i metody wyznaczania stanu równowagowego produktów spalania, które zostały wprowadzone do kodu termochemicznego **CHEETAH**. Wspomniane parametry wyznaczono dla gęstości ładowania prochu $\rho = 0,2 \text{ g/cm}^3$.

Występujące w literaturze przedmiotu w przypadku niektórych składników prochów kontrowersyjne dane dotyczące ich parametrów termochemicznych, a szczególnie wartości entalpii tworzenia składników sprawiły, że Doktorant podjął decyzję o ich audycie przeprowadzając własne oznaczenia. Przeprowadzenie pomiaru wartości ciepła ich spalania pozwoliło na tym etapie badań na weryfikację wartości entalpii tworzenia lepiszcza o akronimie **CAB**.

Wpływ rodzaju materiału wybuchowego na parametry prochu określono stosując do obliczeń takie materiały jak: **RDX**, **HMX**, **HNS**, **TATB**, **TAGN**, **DAAF** oraz **FOX-7**, których wyboru dokonano po analizie dostępnej literatury przedmiotu. Wyznaczone parametry balistyczne i termochemiczne obejmowały: siłę prochu, końcową wartość ciśnienia spalania, ko-wolumen gazów prochowych, proporcje wartości ciepła właściwego, średnią wartość masy molowej gazów prochowych, adiabatyczną temperaturę spalania, energię balistyczną oraz ilość produktów gazowych.

Przystępując do konstrukcji zaplanowanych do badań prochów Autor przeprowadził wstępne badania teoretyczne obejmujące określenie wpływu:

- ✓ rodzaju użytego materiału wybuchowego na parametry otrzymanego produktu finalnego;

Analiza wartości wyznaczonych parametrów balistycznych i termochemicznych wykazała, że grupa materiałów zawierająca w swojej strukturze pierścienie benzenowe oraz zaliczana do grupy C-nitro

wykazuje znacznie niższe wartości takich parametrów jak: siła prochu, ciśnienie produktów spalania oraz energia balistyczna w porównaniu do wyznaczonych dla materiałów przynależnych do grupy N- nitro.

Nieznacznie wyższe wartości wymienionych parametrów wykazywanych przez **RDX** w porównaniu z **HMX** sprawiły, że Doktorat postanowił w dalszych obliczeniach w następnych etapach pracy stosować **RDX**. Dodatkowym argumentem, który zadecydował o wyborze **RDX** była jego niższa cena.

✓ rodzaju i ilości wprowadzonej do prochu nitrocelulozy (**NC**);

Przeprowadzono badania wpływu nitrocelulozy (**NC**) z zależności od liczby azotowej tj. dla **NC** – 12,6 % i **NC** 13, 2 % oraz jej ilości w składzie prochu, którą zmieniano krokowo w zakresie jej stężenia 4-16 %, co 2%.

Zaobserwowano, że zwiększenie liczby azotowej **NC** powoduje nieznaczny wzrost wartości takich parametrów jak: siła prochu, ciśnienie gazów, energia balistyczna, natomiast pozostałe parametry wykazywały zbliżone wartości. Obserwacja względnych zmian parametrów prochu powodowana modyfikacją jego składu w badanym zakresie stężenia **NC** nie przekraczała 1%, co wg Doktoranta należy przypisać innym czynnikom, takim jak: żywość prochu, właściwości ciasta prochowego lub wymiarowi ziaren prochu. Powyższe wyjaśnienia są w mojej opinii możliwe do przyjęcia.

✓ Ilości wprowadzonego do prochu materiału wybuchowego (**MW**) w postaci heksogenu (**RDX**) kosztem lepiszcza (**CAB**) i plastyfikatora w zmienianej krokowo w zakresie stężeń 70-80 % wag., co 2 %wag., natomiast ilość **CAB** i triacetinu zmniejszono krokowo, co 1 % wag.

Wartości obliczonych parametrów prochu wskazują, że zgodnie z oczekiwaniem zwiększenie ilości użytego **RDX** kosztem lepiszcza i plastyfikatora prowadzi do istotnego wzrostu takich parametrów prochu jak: adiabatyczna temperatura spalania, energia balistyczna, siła prochu i ciśnienie gazowych produktów spalania. Jednocześnie pozostałe z rozpatrywanych parametrów prochu maleją w znacznie mniejszym stopniu wraz ze wzrostem jego zawartości. Według sugestii Doktoranta biorąc pod uwagę parametry termochemiczne i balistyczne należy dążyć do optymalizacji ilości lepiszcza i plastyfikatora w składzie prochu.

✓ zmniejszania ilości wprowadzonego do prochu lepiszcza -octano-maślanu celulozy (**CAB**) w zakresie stężenia 12-6 % wag. krokowo, co 2 %wag. przy jednoczesnym zwiększaniu stężenia nitrocelulozy **NC** -12,6 % wag., zachowując stałą ilość **RDX** i **TA**.

Sporządzenie złożonych prochów na bazie heksogenu (RDX**) oraz wyznaczenie ich ciepła spalania**

Bazowym materiałem wysokoenergetycznym (**MW**) użytym do sporządzania zaplanowanych do badań próbek prochów był heksogen o obniżonej wrażliwości oznaczany akronimem **RDX-RS** (ang. *Reduced Sensibility*) w postaci owalnych cząstek w zakresie wymiaru 2,5-5 μm . Pozostałymi składnikami badanych w pracy prochów były: nitroceluloza (**NC**) o zawartości 12,6 % wag. N, lepiszcze (**CAB**) o wartości średniej masy cząsteczkowej wynoszącej 30.000 lub 70.000 g/mol. Funkcję nieenergetycznego plastyfikatora pełnił trioctan gliceryny (**TA**) lub cytrynian trietyloacetylenu (**ACT**). Ponadto wśród składników prochów występował **Akardyt II** pełniący funkcję stabilizatora, oraz sadza i zasadowy stearynian ołowiu(II) w charakterze modyfikatora szybkości spalania. W jednym przypadku wprowadzono Dantocol (**DHE**), który pełnił rolę modyfikatora właściwości reologicznych gotowego ciasta prochowego.

W oparciu o analizę wyników teoretycznej optymalizacji prochów przygotowanych na bazie heksogenu (**RDX**) dokonano wyboru składu prochów badanych w części eksperymentalnej pracy Właściwości reologiczne ciasta prochowego, właściwości ziaren prochu oraz wyniki badań żywości prochów wywarły istotny wpływ na ilościowy udział poszczególnych składników prochów w ich finalnym składzie.

Po dokonaniu wyboru składników przygotowano ciasto prochowe, które poddano formowaniu do postaci ziaren prochowych o określonej geometrii, suszeniu i cięciu. Z kolei przystąpiono do wyznaczania ciepła spalania badanych prochów na drodze teoretycznej i eksperymentalnej w układzie kalorymetrycznym. Wartości teoretyczne obliczano stosując kod **CHEETAH**.

Spalanie próbki prochu w układzie kalorymetrycznym przebiega w warunkach zmiennego ciśnienia, przy czym w trakcie pomiaru dochodzi do schładzania powstających produktów spalania, co może skutkować zmianą ich składu. Ponieważ metoda teoretyczna nie uwzględnia takich warunków Doktorant zaproponował nową metodę obliczania ciepła spalania, którą zweryfikował na przykładzie badanej serii prochów, **P1-P6**.

Największa zgodność wyników pomiarów dotyczących ciepła spalania między danymi teoretycznymi a eksperymentalnymi występuje przy założeniu, że w obliczeniach wartość temperatury produktów odpowiada 1300 K.

Stwierdzenie na str. 97, że z porównania wyznaczonych wartości ciepła spalania dla serii (**P1-P6**) prochów przygotowanych przez Doktoranta są nieco mniejsze od porównawczego prochu **JA2** nie jest w pełni uprawnione. Wskazuje na to dobitnie obliczenie procentowej wartości ciepła spalania badanych prochów względem wartości wykazywanej przez proch porównawczy **JA2**. W przypadku prochu **P1** jest to około 73%, **P2** - 73%, **P3** - 98%, **P4** - 85%, **P5** - 85% i **P6** odpowiada to około 82%. Z matematycznego punktu widzenia „nieco mniejsze” może odnosić się jedynie do prochu oznaczonego akronimem **P3**.

✓ **eksperymentalne i teoretyczne badanie właściwości balistycznych;**

Teoretycznie obliczone parametry balistyczne prochów porównano z parametrami wyznaczonymi w oparciu o wyniki badań ich spalania w bombie manometrycznej. Zmiany wartości ciśnienia stanowiły podstawę do wyznaczenia parametrów balistycznych wybranych prochów w trakcie ich spalania, które obejmowały: maksymalną wartość ciśnienia, siłę prochu, oraz ko-wolumen gazowych produktów spalania. Powyższe parametry obliczone za pomocą termochemicznego kodu **CHEETAH**, wykazują dobrą zgodność z wyznaczonymi na drodze doświadczalnej.

Krzywe zmian wartości ciśnienia w funkcji czasu stanowiły również podstawę do wyznaczenia żywości badanych prochów.

Niektóre spośród badanych prochów wykazują zbliżone wartości parametrów balistycznych do odniesienia **JA2**, co sugeruje możliwość ich potencjalnego użycia, jako materiałów miotających w amunicji artyleryjskiej.

• **określenie wrażliwości sporządzonych nowych prochów na oddziaływanie bodźców zewnętrznych;**

Eksperymentalna optymalizacja składu badanych prochów z dominującym składnikiem wysokoenergetycznym o obniżonej wrażliwości obejmowała również badania ich wrażliwości na oddziaływanie bodźców o charakterze:

✓ mechanicznym obejmujące wrażliwość na:

- uderzenie, którą określano za pomocą kafaru Kasta.

Celem zwiększenia dokładności uzyskiwanych wyników Doktorant wprowadził dodatkowe wysokości spadku ciężarka. Uzyskane wyniki wskazują, że wrażliwość na uderzenie badanych prochów jest niższa od wykazywanej przez porównawczy proch **JA2** oraz flegmatyzowały materiał **RDX**. Ponadto stwierdzono, że proch oznaczony akronimem **P2** wykazuje wrażliwość porównywalną z trotylem (tj. 16 kJ).

▪ tarcie, określano stosując aparat tarciový Petersa wykazując, że wrażliwość badanych prochów jest znacznie niższa niż wykazywana przez proch porównawczy **JA2** oraz flegmatyzowany materiał **RDX**;

✓ termicznym, którą określano stosując metodę:

▪ termicznej analizy różnicowej (**DTA**), która pozwala na precyzyjne określenie wartości temperatury rozkładu badanego materiału i wykazywanych przejść fazowych;

▪ termograwimetryczną (**TG**), stanowiącą uzupełnienie metody **DTA**, polegającej na ciągłej rejestracji ubytku masy ogrzewanego materiału wraz ze wzrostem temperatury;

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że prochy przygotowane na bazie **RDX** ulegają rozkładowi w wyższej temperaturze i z mniejszą gwałtownością aniżeli proch odniesienia **JA2**

- ✓ badanie przejścia palenia w detonację (zapłon wewnętrzny);

Określenie warunków, jakie muszą być spełnione, aby dany materiał przeszedł ze stanu palenia w detonację wskutek wewnętrznego zapłonu stanowi podstawowy element oceny bezpieczeństwa i warunkiem dopuszczenia określonego materiału (MW) do stosowania. Uzyskane wyniki nie pozwalają na jednoznaczną odpowiedź czy wymagania stawiane amunicji mało wrażliwej zostaną spełnione;

- ✓ badanie pobudzenia płomieniem (Fast Cook-off Test)

Przeprowadzone próby wskazują, że proch zawierający w swoim składzie **RDX** kwalifikuje się do grupy prochów o obniżonej wrażliwości;

- **przeprowadzenie oceny trwałości sporządzonych nowych prochów;**

Do badania trwałości prochów zastosowano szereg metod analitycznych obejmujących metodę chromatografii kolumnowej sprzężonej ze spektrofotometrem **UV-Vis**, spektroskopii magnetycznego rezonansu jądowego **NMR** i metodę wysokosprawnej chromatografii cieczowej **HPLC**. Uzyskane wyniki wskazują na zróżnicowaną trwałość badanych prochów. Proch sygnowany jako **P9** spełnia kryterium trwałości oszacowane na podstawie utraty masy próbki w warunkach, które sugerują, że może być on przechowywany przez okres 50 lat.

Ostatni Rozdz. 11. części doświadczalnej dysertacji poświęcono badaniu wpływu temperatury początkowej na parametry spalania prochów

Wyniki przeprowadzonych pomiarów parametrów balistycznych uzyskanych przy różnicy początkowych wartości temperatury próbek prochów sięgającej aż 90°C wykazują niewielkie różnice, co oznacza, że mogą one być bezpiecznie stosowane w amunicji poddawanej dużym wahaniom temperatury otoczenia.

Dokonując oceny rozprawy pod względem formalnym z zadowoleniem stwierdzam, że założony cel pracy jak i naszkicowany wstępnie zakres planowanych badań został w pełni zrealizowany. Sukces ten jest konsekwencją nie tylko wnikliwej i krytycznej analizie literatury przedmiotu, ale również odnośnie do uzyskanych wyników badań. Ponadto na szczególną uwagę zasługuje duże zaangażowanie i nakład pracy włożony przez Autora dysertacji w proces badawczy.

O jakości recenzowanej dysertacji świadczy również fakt opublikowania **2 artykułów** w trakcie jej realizacji, przy czym w każdym z nich Doktorant jest pierwszym autorem.

- [1] **Hara M.**, Trzcíński W.A. **2019**. Experimental and Theoretical Investigation on the Heat of Combustion of RDX-based Propellants, Cent. Eur. J. Energ. Mater., 16(3) : 399-411.
- [2] **Hara M.**, Trzcíński W.A., Cudziłło S., Szala M., Chyłek Z. Surma Z. **2020**. Thermochemical Properties, Ballistic Parameters and Sensitivity of New Experimental and Theoretical Investigation on the Heat of Combustion of New RDX-based propellants RDX-based Propellants, Cent. Eur. J. Energ. Mater., 17(2) : 223-238.

Tematyka rozprawy dotyczy aktualnych i ważnych zarówno w aspekcie poznawczym jak i praktycznym zagadnień związanych z poszukiwaniem nowych materiałów miotających o obniżonej wrażliwości do amunicji małowrażliwej. Dokonując optymalizacji badanych prochów przygotowanych na bazie heksogenu (**RDX**) w sposób umożliwiający uzyskanie jednorodnych trwałych ziaren, których wyznaczone parametry termochemiczne i balistyczne były porównywalne z klasycznym dwubazowym prochem **JA2**. Wśród przygotowanej przez Doktoranta serii finalnych prochów (**P2-P9**) dwa z nich oznaczone odpowiednio okronimem **P8** i **P9** spełniają wymagania stawiane materiałom miotającym do amunicji małowrażliwej. Stanowi do potwierdzenie postawionej przez Autora pracy tezy, że istnieje możliwość przygotowania prochów zaliczanych do grupy **LOVA** bazujących na nitroaminach o parametrach termochemicznych i balistycznych zbliżonych do prochów opartych na nitrocelulozie (**NC**), ale o mniejszej wrażliwości na oddziaływanie na bodźce cieplne i mechaniczne oraz o wydłużonej trwałości. Autor dysertacji w pełni zdaje sobie sprawę, że ostateczna weryfikacja możliwości praktycznego stosowania przygotowanych prochów wymagać będzie przeprowadzenia odpowiednich testów dla kompletnych naboju.

Biorąc pod uwagę duże nasycenie tekstu wynikami różnorodnych eksperymentów należy pogratulować autorowi strony graficznej jej przejrzystości i spójności, co ułatwia percepcję tekstu o wysokim stopniu złożoności.

Za drobne potknięcia, które jednak nie umniejszają wartości przedstawionej do recenzji rozprawy uważam przedstawione poniżej:

- Opisano termodynamiczny **modelu** (winno być *model*) spalania stosowany w tych kodach (Streszczenie).
- Zaproponowano metodę obliczania ciepła spalania, która umożliwia **otrzymanie wartości ciepła** (winno być *wyznaczenie, określenie*) zbliżonego do ciepła kalorymetrycznego.
- Charakteryzuje się on zaokrąglonymi **czasteczkami** (użyto niewłaściwego pojęcia, winno być *cząstkami*); (str. 37).
- Autor używa wymiennie pojęć **żywość** (np. str.92) prochu i **żywoćność** prochu (str. 72), mam wątpliwości czy można je wymienne stosować,
- Autor dysertacji często zaczyna zdanie od słowa **natomiast**, które jest łącznikiem i dlatego należy zaczynać od niego zdania

- w pkt. **13. Literatura**

Rozdz. ten (str. 156-162) obejmuje **107** pozycji literaturowych z których większość cechuje niestaranność, której spektakularnymi są poniższe przykłady:

- ✓ poz. **7, 9, 10, 12 i 16** nie zawierają pełnego składu autorów cytowanych publikacji. Podano pierwszego autora natomiast pozostali określani są jako **inni**.
- ✓ skrajnym przypadkiem niestaranności cytowanych prac jest poz. **7** ponieważ:
-nazwisko pierwszego autora napisane poprawnie to **Sanghavi**, a nie jak podano **Sanghavani**

Poprawny zapis tej pozycji to:

[7] Sanghavi R.R., Kamale P.J., Shaikh M.A.R., Shelar S.D., Sunil K., Singh K.A., HMX based enhanced energy LOVA gun propellant, Journal of Hazardous Materials. **2007**, 143(1-2): 532-534.

Kolejne przykłady braku jednolitego zapisu cytowanych publikacji to pozycje:

[73] 3(3), 1991., [70] 11(1-2), 2011, 3-20, [83] 2011, 8(3), 212, [102] 13(3), 2016, 592-611.

W opublikowanych przez Doktoranta publikacjach wskazywana niestaranność **nie występuje**.

Recenzowana rozprawa doktorska **mgr inż. Marcina Mateusza Hary** reprezentuje dobry poziom naukowy, zawiera elementy nowości naukowej, a wymienione w recenzji uwagi nie umniejszają mojej pozytywnej oceny recenzowanej rozprawy.

Reasumując stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska pt.

„Wytwarzanie i badanie właściwości materiałów miotających o obniżonej wrażliwości” spełnia wymogi ustawowe Ustawa o tytule i stopniach naukowych oraz tytule i stopniach w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r.(D.U. Nr 65 ust. 595), jak i rozszerzone zapisy Ustawy z dnia 20 lipca 2018r. (D.U. poz. 1668) stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie **mgr inż. Marcina Mateusza Hary** do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Leszek Wachowski

Poznań, 08.08.2020