Łódź, dn. 15. 09. 2023 r.

dr hab. inż. Marcin Gołąbczak, prof. uczelni
Politechnika Łódzka

Recenzja
pracy doktorskiej mgr inż. Kazimierza Rychlika
pt.: „Wielokierunkowa analiza ostrza narzędzia i powierzchni kształtowanej w technologii głębokiego wiercenia"

Recenzja opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie prof. dr hab. inż. Adama Lipińskiego z dnia 12.07.2023 r.

1. Ocena wyboru tematu

Obróbka głębokich otworów, stosowana powszechnie w wielu operacjach produkcyjnych części dla przemysłu motoryzacyjnego, lotniczego i zbrojeniowego, nastręcza wiele problemów technologicznych, które dotyczą: uzyskania wymaganej dokładności kształtowo-wymiarowej, chropowatości powierzchni, powtarzalności wyników wykonywanych otworów oraz trwałości i żywotności wierteł. Problemy te spowodowane są m.in.: utrudnionym doprowadzaniem cieczy chłodząco-smarującej do strefy skrawania, odprowadzeniem wiórów, niezrównoważeniem sił działających na krawędzie skrawające wiertła, ograniczoną sztywnością wierteł oraz zmianami w strukturze materiału obrabianego. Współczesne prace badawcze nad rozwiązaniem tych problemów koncentrują się na opracowaniu nowych konstrukcji wierteł i ich geometrii ostrza, wdrażaniu nowych materiałów narzędziowych, stosowaniu powłok zwiększających odporność na zużycie ostrza oraz wdrażaniu nowoczesnych systemów monitorowania i nadzorowania procesu wiercenia.

Temat rozprawy jest sformułowany bardzo ogólnikowo, ponieważ nie ujawnia domniemanych celów wielokierunkowej analizy, zwłaszcza planowanych badań i uzyskania celów badawczych. Zakładając, że oczekiwanym celem rozprawy będzie określenie charakteru zużycia monolitycznego, jednoostrzowego wiertła lufowego i jego wpływu na strukturę geometryczną powierzchni i stan warstwy wierzchniej otworów w technologii głębokiego wiercenia, można uznać, że podejmowana problematyka badawcza mieści się w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna, a uzyskane wyniki badań wniosą określone wartości poznawcze i aplikacyjne w zakresie doskonalenia technologii głębokiego wiercenia.

2. Merytoryczna ocena rozprawy

Rozprawa doktorska opracowana jest w postaci obszernej monografii zawierającej 165 stron tekstu, w tym: 140 rysunków i 51 tabel. Zasadniczą treść rozprawy poprzedza spis treści, streszczenie w języku polskim i angielskim oraz wprowadzenie, po których następuje 5 rozdziałów merytorycznych z wydzielonymi podrozdziałami i podpunktami. Pracę zamyka spis literatury, zawierający 167 pozycji bibliograficznych. W pracy nie zamieszczono wykazu oznaczeń i symboli oraz spisu rysunków i tabel. Przyjęty układ rozprawy, jej podział na rozdziały i podrozdziały ma typową strukturę stosowaną w pracach doktorskich, szczegółowe uwagi dotyczące poprawności podziału zawarto w treści recenzji.

Rozdział pierwszy – *Wprowadzenie* – zawiera podstawowe informacje o problemach technologicznych związanych z obróbką głębokich otworów oraz kierunkach prac badawczo-rozwojowych nad doskonaleniem tego sposobu obróbki. Spośród tych problemów Doktorant wyodrębnił obszar badań dotyczący realizowanej rozprawy doktorskiej, którym są zjawiska zużycia ostrza wierteł lufowych oraz jego wpływ na dokładność kształtowo-wymiarową i chropowatość powierzchni obrobionych otworów.

Rozdział pierwszy - zatytułowany skrótowo: „*Analiza zagadnienia”* - zawiera obszerny przegląd literatury (32 str.) dotyczącej tematu realizowanej rozprawy doktorskiej. Wyodrębniono w nim trzy podrozdziały: *Charakterystyka technologii głębokiego wiercenia otworów wiertłami lufowymi* (pkt. 1.1), *Materiały narzędziowe* (pkt. 1.2) oraz *Zużycia ostrzy narzędzi skrawających* (pkt. 1.3). W podrozdziale 1.1 (21 str.) zawarto: klasyfikację i budowę narzędzi do głębokiego wiercenia, geometrię ostrzy kątów ostrza wierteł lufowych, przykłady rozwiązań konstrukcyjnych wierteł lufowych produkowanych przez firmy: Gühring, Sandvik Coromant, Botek oraz przestawiono metody wiercenia otworów wiertłami lufowymi, stosowane jednostki wiertarskie i obrabiarki do głębokiego wiercenia. W zakończeniu tego podrozdziału podano zakresy wartości stosowanych parametrów technologicznych głębokiego wiercenia otworów. W kolejnym podrozdziale 1.2 podano podstawowe wymagania stawiane materiałom narzędziowym, klasyfikację i charakterystykę materiałów narzędziowych oraz omówiono powłoki przeciwzużyciowe stosowane na ostrza narzędzi skrawających. Niedosyt budzi brak wskazań omawianych materiałów narzędziowych stosowanych do produkcji wierteł do głębokiego wiercenia. W podrozdziale 1.3 zamieszczono podstawową wiedzę o procesach i mechanizmach zużycia ostrzy narzędzi skrawających, podano kryteria i wskaźniki oceny zużycia ostrzy skrawających, a w zakończeniu podrozdziału skrótowe informacje o wpływie cieczy chłodząco-smarującej na zużycie ostrza wiertła lufowego. Autor jednak zbyt skrótowo

odniósł się do wyników badań innych naukowców zajmujących się problematyką wiercenia głębokich otworów i nie zamieścił wniosków uzasadniających celowość podejmowanej w rozprawie tematyki badawczej.

Rozdział drugi zawiera opis problemu badawczego, cel i zakres pracy oraz hipotezy badawcze. Cel pracy sformułowany jest ogólnikowo, ponieważ nie ujawnia zarówno parametrów oceny zużycia ostrza wiertła lufowego, jak i parametrów oceny struktury ukształtowanej warstwy wierzchniej wierconych otworów. Zaprezentowany zakres pracy można uznać za poprawny i kompletny. Dyskusyjne są także ogólnikowo sformułowane hipotezy badawcze, ponieważ Doktorant nie ujawnił metod lub sposobów sprawdzenia słuszności tych hipotez.

Rozdział trzeci zatytułowany: *„Materiały i metody badawcze”* zawiera siedem podrozdziałów o zróżnicowanej objętości oraz istotności w realizacji celu rozprawy. W podrozdziale 3.1 zamieszczono rysunek ofertowy jednoostrzowego wiertła lufowego firmy zastosowanego do badań eksploatacyjnych. Podano składy chemiczne i właściwości mechaniczne podłoży wiertła z węglika spiekanego K15 firmy Gühring i wiertła z węglika spiekanego H10 firmy Baildon oraz porównawczo wiertła ze stali 45. Określono następnie właściwości fizyczne oleju chłodząco-smarującego Milpro HG12 zastosowanego w procesach wiercenia. W bardzo krótkim podrozdziale 3.2 opisano metodykę pomiaru twardości podłoży wierteł. W kolejnym podrozdziale 3.3 przedstawiono poprawną metodyką pomiaru struktury geometrycznej i cech funkcjonalnych powierzchni, w tym: pomiaru parametrów chropowatości powierzchni, krzywej nośności powierzchni, funkcję gęstości spektralnej oraz analizę odchyłek kształtu powierzchni. Podrozdział 3.4 zawiera obszerny opis metodyki pomiarów dyfraktometrycznych (XRD). W podrozdziale 3.5 przedstawiono metodykę pomiaru odporności podłoży z węglika spiekanego na zużycie, przeprowadzonego tribotesterze T 20. W kolejnym podrozdziale 3.6 przedstawiono schemat stanowiska do badań eksploatacyjnych ostrzy wierteł lufowych, opisano kolejne zabiegi technologiczne obróbki głębokich otworów, podano wartości stosowanych parametrów obróbki oraz określono powierzchnie i krawędzie ostrza wiertła lufowego podlegające pomiarom zużycia w procesie wiercenia. Nasuwają się pytania: w jaki sposób ustalano wartości parametrów skrawania w realizowanych badaniach technologicznych wierteł lufowych, zwłaszcza wartości posuwu i prędkości skrawania, oraz dlaczego w badaniach trwałości ostrza wierteł lufowych przyjęto stałe warunki skrawania? Autor na te pytania nie odpowiada. W podrozdziale 3.7 zamieszczono opis parametrów charakteryzujących proces kształtowania wióra w procesie wiercenia.

Należy podkreślić, że zamieszczone w tym rozdziale opisy metod oceny właściwości cech materiałowych, pomiaru struktury geometrycznej i cech funkcjonalnych powierzchni oraz zużycia ostrza wiertła lufowego mają głównie znaczenie poznawcze. Brakuje przedstawienia usystematyzowanego planu realizowanych badań eksperymentalnych wierteł lufowych, wyszczególnienia czynników wejściowych, wyjściowych i zakłócających oraz doboru wartości poszczególnych parametrów stosowanych w realizowanych badaniach.

Rozdział czwarty zawiera obszerną analizę wyników badań (70 str.) przedstawioną w sześciu podrozdziałach. W podrozdziale 4.1 zamieszczono wyniki pomiarów twardości podłoży ostrza wierteł z węglików spiekanych H10 i K15 pod różnym obciążeniem wgłębnika oraz porównawczo, pomiary twardości podłoża wierteł ze stali C45. Uzyskane wyniki pomiarów potwierdziły zadowalającą zgodność z wartościami deklarowanymi przez wykonawców wierteł oraz dziesięciokrotnie mniejszą twardość podłoża ze stali 45 w porównaniu do twardości podłoży z węglików spiekanych H10 i K15.

Podrozdział 4.2 zawiera rentgenowską analizę fazową i strukturalną materiałów podłoży ostrzy wierteł lufowych. Zamieszczono m.in. dyfraktogramy materiałów ostrza z węglików spiekanych, określono udziały fazowe i parametry krystalograficzne składników badanych materiałów oraz zamieszczono wykresy Williamsona-Halla dla faz Co i WC w tych materiałach. Przedstawione wyniki rentgenowskiej analizy fazowej i strukturalnej tych materiałów wnoszą głownie wartości poznawcze i są pośrednio związane z tematem rozprawy.

W kolejnym podrozdziale 4.3 przedstawiono wybrane wyniki badań odporności na zużycie podłoża z węglika spiekanego H10 metodą ścierną Ball-Cratering. Dotyczą one prób tarcia suchego pary ciernej kuli stalowej100Cr6 z podłożem z węglika spiekanego H10 oraz porównawczo prób tarcia w obecności oleju chłodząco-smarującego Milpro *HG12*. Prezentowane wyniki badań dotyczyły: oceny przebiegu zużycia liniowego pary trącej – *z* w funkcji drogi tarcia, przebiegu zmian współczynnika tarcia - μ, intensywności zużycia pary ciernej oraz wskaźnika zużycia objętościowego - V [mm^3/Nm]. Opracowano stosowne wykresy ilustrujące przebiegi zmian tych parametrów, tabele z wartościami tych parametrów oraz zamieszczono fotografie obrazów zużycia i śladów wytarcia powierzchni ciernych.

Podrozdział 4.4 dotyczy oceny struktury geometrycznej i funkcjonalnej powierzchni wierteł lufowych. Początkowe punkty tego podrozdziału (4.4.1÷4.4.2) zawierają obszerne wyniki pomiarów parametrów chropowatości powierzchni *(Ra, Rq, Rz)* podłoży z węglików spiekanych ostrzy wierteł lufowych (H10 i K15), przykładowe profilogramy chropowatości powierzchni oraz wykresy przebiegu krzywej nośności powierzchni *AFC* i tabele z wartościami parametrów krzywej nośności. Nasuwa się pytanie, dlaczego wartości tych parametrów

chropowatości powierzchni określano aż dla trzech elementarnych odcinków pomiarowych (*lr = 0,08, 0,25, 0,8, 2,5 mm*). W kolejnym punkcie 4.4.3 zamieszczono wyniki pomiarów chropowatości powierzchni wierconych otworów (*Ra, Rz, i Rq*) w funkcji drogi wiercenia (liczby wierconych otworów). W podpisach rysunków brak jest informacji o materiale ostrza wiertła, którym wykonywano otwory (czy z węglika H10 i czy z węglika K15). Wątpliwości dotyczą również wartości chropowatości powierzchni po wierceniu (*Ra = 1,007- 0,672 μm*), które odpowiadają wartościom po obróbce rozwiercania wykończeniowego. Dyskusyjnym jest także zamieszczona analiza prezentowanych wyników pomiaru chropowatości, dotycząca np. stwierdzeń na str.116$_8$: *„Analizując zmiany ... można dostrzec pewną zależność ...”* oraz na str.116$_3$: *„Mimo, że inaczej wyglądają przebiegi ...”.* W punkcie 4.4.4 przedstawiono wykresy logarytmiczne zależności parametrów chropowatości powierzchni – *Rq* dla podłoży wierteł z węglików spiekanych H10 i K15. Dyskusyjnym jest sformułowany na podstawie analizy wykresów wniosek : *„Zarówno podłoża z węglika spiekanego H10 jak i ... węglika spiekanego K15 wykazują właściwości samopodobne ...”,* ponieważ wartości *log(Rq)* dla podłoża z węglika *H10* są znacząco większe od wartości *log(Rq)* dla węglika K15. W punkcie 4.4.5 przedstawiono przykładowe wykresy analizy fraktalnej funkcji gęstości spektralnej profilu chropowatości powierzchni wierconych otworów w czasie wiercenia. Na prezentowanych wykresach, jak i w opisie wyników nie ujawniono, którymi wiertłami był realizowany proces wiercenia otworów. Dyskusyjnym jest opis prezentowanych wyników, ponieważ w analizie funkcji gęstości spektralnej nie ustalono związków pomiędzy postępującym zużyciem i stępieniem ostrza wiertła w czasie wiercenia i chropowatością powierzchni wierconych otworów. Nie uwzględniono również powiązań z charakterystycznymi częstotliwościami parametrów wiercenia (posuwu i prędkości wiercenia). Kolejny punkt 4.4.6 skrótową relację (2 str.) „allometrycznej” analizy cech kształtu powierzchni. Wyniki tej analizy zawierają wybrane wykresy przebiegu profilu chropowatości powierzchni otworów wierconych wiertłem lufowym dla dwóch głębokości wiercenia, tj. 70 i 4000 mm (rys. 4.4.37÷4.4.38) oraz tabelę parametrów fraktalnych. W opisie prezentowanej analizy nie ujawniono jednak, którymi wiertłami realizowany był proces wiercenia otworów. Skrótowy opis prezentowanych wyników analizy „allometrycznej” nie potwierdza praktycznej przydatności do obiektywnej oceny wpływu zużycia ostrza wiertła na podstawie cech kształtu powierzchni wierconych otworów. Powstaje natomiast pytanie: czy proponowana analiza jest przydatna do ilościowej oceny odchyłek kształtu wierconych otworów, tj. odchyłek walcowości i okrągłości otworów?

Obszerny podrozdział 4.5 (20 str.) zawiera analizę zużycia ostrza wiertła lufowego, która obejmuje: wyniki pomiarów przebiegu zużycia wierzchołka ostrza wiertła w funkcji długości

wiercenia, obrazy powierzchni zużycia ostrza i krawędzi skrawających, zmiany jednostkowych wskaźników zużycia ostrza wiertła w funkcji długości wiercenia oraz profilogramy powierzchni natarcia ostrza. W opisie prezentowanych wyników nie ujawniono jednak, którego wiertła dotyczą prezentowane wyniki (czy dotyczą wiertła z podłożem z węglika spiekanego H10, czy z węglika spiekanego K15?). Wyniki pomiarów dotyczące zużycia ostrza wiertła ocenianego wskaźnikami: K_w, K_{N1}, K_{N2} nie budzą zastrzeżeń, ponieważ właściwie odzwierciedlają procesy zużywania się ostrza wiertła w funkcji głębokości wierconych otworów. Dyskusyjnym jest natomiast wnioskowanie o tworzeniu się narostu na krawędziach ostrzy wiertła, oparte na podstawie obserwacji obrazów mikroskopowych (rys. 4.5.4). Zastosowane warunki skrawania (v_c=*62,8 m/min,* chłodzenie olejem Milpro HG12) ulepszanej cieplnie stali węglowej wyższej jakości C45 nie sprzyjają przecież występowaniu zjawiska narostu. Wątpliwości dotyczą metody profilografowania powierzchni natarcia ostrza wiertła przedstawione na rysunkach 4.5.21÷4.5.28, a w szczególności zastosowanego dwupoziomowego profilografowania powierzchni oraz fizycznej interpretacji profilu szczątkowego i ocena powstawania narostu. Obiektywną ocenę powstawania narostu można potwierdzić, np. w badaniach rentgenometrycznych, a tego autor pracy nie zrobił.

W podrozdziale 4.6 przedstawiono wyniki pomiaru grubości wióra oraz obliczenia współczynnika spęczania wióra i kąta ścinania. Niedosyt budzi brak informacji o materiale ostrza wiertła oraz brak porównania kształtu wiórów i ich parametrów w funkcji głębokości wiercenia.

Rozdział piąty dotyczy dyskusji uzyskanych wyników badań oraz wniosków końcowych. Wnioskowanie zawiera poszerzony opis uzyskanych wyników, podsumowanie oraz uwagi końcowe. Niestety, prezentowany opis wyników badań nie zawiera dodatkowych wyjaśnień odnoszących się do uwag i wątpliwości zawartych w recenzji. W podsumowaniu sformułowano 6 wniosków końcowych o zróżnicowanym stopniu ważności i szczegółowości, odnoszących się do realizacji celu rozprawy oraz sprawdzenia postawionych hipotez badawczych. Sformułowane wnioski potwierdzają tylko częściową realizację celu rozprawy oraz słuszność sformułowanych hipotez badawczych. Warto było również uszeregować wnioski końcowych na poznawcze i utylitarne.

Rozdział szósty – *Literatura* – zawiera 167 pozycji bibliograficznych pochodzących z czasopism krajowych i zagranicznych, referatów konferencjach zagranicznych i krajowych, monografii, książek i podręczników, norm krajowych i europejskich oraz informacji internetowych. Poszczególne pozycje literaturowe są na ogół poprawnie przywoływane w tekście rozprawy. W wykazie literatury znajdują się również 20 pozycji współautorskich

Doktoranta, w tym: 1 patent, 4 wzory użytkowe, 14 artykułów w krajowych czasopismach naukowo-technicznych, 1 artykuł w czasopiśmie zagranicznym. Niedosyt budzi natomiast skromna liczba pozycji bibliograficznych pochodzących z okresu ostatnich sześciu lat (5 poz.). Poszczególne pozycje bibliograficzne są na ogół poprawnie cytowane w tekście rozprawy.

3. Ocena strony redakcyjnej

Oceniając rozprawę doktorską pod względem redakcyjnym stwierdzam, że tytuł rozprawy częściowo odzwierciedla jej treść, układ pracy i jej podział na rozdziały i podrozdziały można uznać za poprawny. Zamieszczone w rozprawie rysunki, tabele i wykresy są na ogół czytelnie i poprawnie opracowane. Rozprawa napisana jest poprawnie pod względem językowym, jednak Doktorant nie ustrzegł się błędów gramatycznych, interpunkcyjnych, stosowania kropek w podpisach rysunków i tabel, niefortunnych sformułowań i określeń oraz innych uchybień edytorskich itp. Wybrane przykłady takich błędów przytoczono poniżej:

- stosowanie skrótów na początku zdania lub w środku zadań, np.: str. 21^{3} – „… z rys. 1.1.18 …; str. 21_{1} – „… na rys. c.”; str. 25^{5} – „… na rys. 1.125.”; str. 88^{6} – „ Na rys. 4.3.5 …”; str. 93^{2} – „ Na rys. 4.3.12a …”; str. 105_{2} – „Z rys. 4.4.14 …”; str. 114^{1} – „Z rys. 4.4.29 …”; str. 115^{1} – „Z rys. 4.4.29 …”; str. 140^{1} – „ Na rys. 4.5.26 …”; str. 141^{1} – „ Na rys. 4.5.27 …”; str. 142^{1} – „ Na rys. 4.5.28 …”; str. 144_{1} – „ Na rys. 4.6.1 …”; str. 152^{8} – „ Na rys. 5.3 …”; str. 153_{13} – „ Na rys. 5.4 …”;
- stosowanie niefortunnych i nieadekwatnych określeń, np.: str. 63^{14} – „*Pozwala na określenie wielkości ziaren niskokątowych …”;* str. 64^{12} – „Metoda W-H polega …”; str. 72^{13} – *„Można powiedzieć, iż wewnętrzna krawędź* …”; str. 96^{1} – „ *Obserwacje obrazowe przedstawione na rys.* …”; str. 120^{1} – *„Allometryczna analiza cech kształtu powierzchni”; str. 135-142* – w podpisach rysunków występuje: *b) „profil szczątkowy”*; str. 151_{9} – „*Można byłoby powiedzieć, że korzystniej wygląda powierzchnia …”;* str. 154 – w opisie rysunku 5.4 występuje określenie: „*częstotliwość rogowa”,* str. 152_{6} – *Uwzględniając łączne udziały nośne … można z grubsza uznać …”.*

Zawarte w recenzji uwagi krytyczne mają charakter ogólny i dyskusyjny, do których Doktorant powinien odnieść się zarówno w odpowiedzi na recenzję, jak również podczas publicznej obrony.

Stwierdzam, że pomimo uwag krytycznych rozprawa doktorska wnosi pewne wartości poznawcze i aplikacyjne w zakresie doskonalenia technologii głębokiego wiercenia, do których zaliczam m.in:

- wykonanie badań odporności na zużycia podłoży z węglików spiekanych oraz opracowane wnioski poznawcze, które wnoszą wartości poznawcze w zakresie oceny przydatności tych materiałów narzędziowych na wiertła lufowe,
- przeprowadzanie badań rozpoznawczych dotyczących możliwości zastosowania analizy fraktalnej widmowej gęstości mocy do oceny struktury geometrycznej powierzchni wierconych otworów,
- opracowanie wskaźników zużycia ostrza wiertła lufowego w funkcji głębokości (drogi) wiercenia,
- sformułowanie wniosków końcowych, które w części potwierdzają zrealizowanie celu rozprawy oraz potwierdzają słuszność sformułowanych hipotez badawczych.

4. Wniosek końcowy

Przedstawiona do recenzji praca doktorska mgr inż. Kazimierza Rychlika jest samodzielnym opracowaniem zagadnienia naukowym z zakresu doskonalenia procesów wiercenia głębokich otworów wiertłami lufowymi.

W konkluzji stwierdzam, że pomimo uwag krytycznych wykazanych w recenzji, Doktorant posiada dostateczną wiedzą i umiejętności w zakresie prowadzenia badań naukowych oraz przedstawiania uzyskanych wyników badań.

Na podstawie przedstawionej oceny stwierdzam, ze opiniowana praca mgr inż. Kazimierza Rychlika spełnia w stopniu dostatecznym wymagania stawiane pracom doktorskim określone w: art. 14 ust. 1 oraz ust. 2 pkt. 2 i art.12 ust. 1 i 2 Ustawy z dn. 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r., poz. 1789 ze zm.) oraz § 3 ust. 1 i § 6 ust. 1-2 rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dn. 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i czynności w przewodzie doktorskim, w postepowaniu habilitacyjnym oraz postepowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 r., poz. 261), w związku z art. 179 ust. 1-3 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669 ze zm.) i rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych (Dz. U. z 2018 r., poz. 1818).

Rozprawa doktorska mgr inż. Kazimierza Rychlika może stanowić podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk Inżynieryjno-Technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.

Wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Kazimierza Rychlika do publicznej obrony przedstawionej rozprawy doktorskiej.



Łódź, dn. 15. 09. 2023 r. dr hab. inż. Marcin Gołąbczak, prof. uczelni