

Dr hab. inż. Witold Piekoszewski
Ul. Krychnowicka 12A
26-616 RADOM

Radom, 6.06.2023 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Wiesława BUDZISZA
Tytuł rozprawy „**Badanie wpływu procesów obróbki wykańczającej zębów
na zacieranie przekładni lotniczych**”

Recenzja została przygotowana na prośbę dr. hab. inż. Andrzeja BURGHARDA prof. PRz. Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza (nr pisma RM-530-04-04/22/2023 z dn. 27marca 2023 r.).

1. Charakterystyka ogólna

Rozprawa liczy ogółem 201 stron i składa się z 8 rozdziałów i związanymi z nimi tematycznie podrozdziałami. Doktorant w rozprawie zacytował 124 poz. bibliograficznych.

Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Adam MARCINIEC prof. PRz.

2. Ocena podjętego tematu

Podjęcie problematyki, którą zajął się Autor recenzowanej pracy, jest w pełni uzasadnione z technicznego punktu widzenia. Rozwój obróbek powierzchniowych, od kilkunastu lat bardzo intensywny, rozwój instrumentarium badawczego, zarówno pomiarowego, jak i eksperymentalno-testowego, a także szybko rosnący poziom wiedzy naukowej w zakresie inżynierii materiałowej, pozwalają na uzyskiwanie znacząco wyższego od aktualnego poziomu właściwości obiektów technicznych (np. eksploatacyjnych właściwości tribologicznych). Efektywność wykorzystania powyższych możliwości jest większa, jeśli uwzględniana jest specyfika budowy i warunków pracy poszczególnych systemów technicznych, szczególnie takich jak urządzenia lotnicze. Stwarza to jednakże – wymagające twórczego rozwiązywania - problemy w systemowym podejściu i formułowaniu uogólnień; z tym zmierzyć się postanowił Autor recenzowanej rozprawy.

3. Tytuł pracy

Tytuł rozprawy: "Badanie wpływu procesów obróbki wykańczającej zębów na zacieranie przekładni lotniczych" został sformułowany w zasadzie trafnie w sensie ogólnego ujęcia problemu badawczego, ale nie w pełni adekwatnie do zawartości rozprawy. Bowiem autor nie badał bezpośrednio zacierania przekładni lotniczych. Badał wpływ wibrościerniej technologii obróbki wykańczającej (w celu wyeliminowania dotychczas stosowanej, uciążliwej środowiskowo obróbki wibrochemicznej) na topografię powierzchni kół zębatach takich (lotniczych) przekładni, ale testom zacierania na stanowisku przekładniowym FZG poddawał inne, nie lotnicze, koła zębate - ustalone normą.

W tym kontekście właściwsze byłoby brzmienie tytułu „Badanie wpływu procesów obróbek wykańczających zębów, wibrochemicznej i wibrościernej, na zacieranie przekładni. Badania zacierania przekładni lotniczych, anonsonowane tytułem, mają być przeprowadzone w przyszłości, co zostało ujęte na schemacie blokowym Rys.2.3 i jego opisie.

Niemniej ważne jest to, że koła testowe FZG wykonane były z tego samego materiału (AMS 6308) co koła przekładni FDGS, poddane tej samej obróbce cieplnej i obróbione proponowaną technologią wibrościerną.

4. Cel, teza, zakres pracy

Podobną uwagę, jak do tytułu pracy, można mieć do zapisu jej celu. Na s. 52 ujęto go następująco: „Celem pracy doktorskiej jest uzyskanie parametru chropowatości Ra poniżej 0,0875 um dla powierzchni bocznych zębów wysokoobciążonych kół zębatych przekładni Fan Drive Gear System za pomocą obróbki wibrościernej”.

Takie ujęcie formalne celu nie odpowiada ani tytułowi rozprawy, ani zakresowi wykonanych badań. Rzeczywiście osiągnięty cel najtrafniej ujęto, choć błędnie zredagowano, na s. 188: wyznaczenie takich parametrów procesu wibrościernego, które zapewnią konkretne (?) właściwości topografii oraz są w stanie osiągnąć (?) założoną żywotność oraz niezawodność przekładni FDGS”.

Niedostatki dotyczą również postawionych obu hipotez, które, pominiawszy znów niezbyt trafne ujęcie problemu, są inwersją celu, i jako takie mogłoby ich nie być (nie powinno być zarzutem ich brak w tego typu rozprawie).

Najpełniej zawartość rozprawy ujmuje przedstawienie zakresu (dużego) wykonanych badań i analiz. Ukazuje on też ich znaczenie techniczne, a pełny raport, którym jest główna treść dysertacji, ilustruje dużą wartość uzyskanych efektów.

Podsumowując: Praca dotyczy istotnego problemu technicznego, obejmuje duży zakres poprawnie zaplanowanych, z punktu widzenia eksperymentów naukowych, i rzetelnie wykonanych analiz i badań, z innowacyjnymi wynikami technicznymi.

Mankamenty metodologiczne dotyczą głównie adekwatności i poprawności redakcji kluczowych elementów charakteryzujących prace kwalifikacyjne (tytuł, cel, tezy). Nie ułatwiało ich właściwego przygotowania ukierunkowanie badań na rozwiązywanie problemu konkretnego obiektu technicznego (kół zębatych słonecznych przekładni FDGS programu PW 1500G), co nadaje pracy charakter raportu z typowych prac B+R, i co utrudniało uogólnianie uzyskanych wyników, mimo tego, że wiele z nich na to pozwala. To ukierunkowanie badań na rozwiązywanie problemu konkretnego obiektu technicznego nie jest zatem egzemplifikacją ustalonych reguł (np. opracowanych optymalnych parametrów obróbki); nie pozwala zatem na określanie zakresu ich stosowalności, bo ograniczone są tylko do badanych sytuacji (materiałów, elementów, parametrów obróbki, parametrów pracy).

5. Układ pracy, redakcja, literatura

Układ pracy ogólnie należy określić jako poprawny biorąc pod uwagę fakt, że wg oryginalnego autorskiego schematu. Po skróconym omówieniu stanu wiedzy oraz opisie przebiegu badań własnych następuje dyskusja wyników w obszarze określonym tytułem.

Przegląd stanu wiedzy nie stanowi silnej strony tej wartościowej rozprawy. Niewiele miejsca poświęcono problematyce związanej z tematem dysertacji, czyli wpływowi procesów obróbki wykańczającej na zacieranie przekładni zębatych.

Zacytowano 124 pozycje literatury przedmiotu wśród których 65 to pozycje drukowane a 58 zaczerpnięte z Internetu prezentujące wyniki badań i stan wiedzy w obszarze, którego

dotyczy tematyka pracy. Niestety w tym zestawieniu nie zauważyłem żadnej pozycji autorstwa lub współautorstwa Doktoranta. Mam nadzieję, że podczas obrony dowiem się więcej na temat działalności publikacyjnej Autora.

Układ pracy wydaje się być właściwy, po wprowadzeniu, następuje przegląd i analiza aktualnego stanu wiedzy. Pozostała część pracy związana jest z badaniami własnymi.

Szkoda, że Doktorant nie zastosowała przejrzystego schematu pisania prac kwalifikacyjnych zalecanych przez prof. Stefana Ziembe, który ośmielam się przedstawić jako załącznik na ostatniej stronie niniejszej recenzji.

Nieliczne uchybienia językowe nie umniejszają ogólnie pozytywnej oceny (np. „realizacja celu” [wielokrotnie] (cel się osiąga; realizuje się służące temu zadania).

6. Ocena merytoryczna

Autor podjął, z dobrym skutkiem, problem opracowania technologii obróbki wykańczającej kół zębatach sonecznych konkretnej przekładni lotniczej równie skuteczną, pod względem efektów końcowych, obróbką wibrościerną, zamiast uciążliwej środowiskowo obróbki wibrochemicznej.

Zaproponowany sposób jest sposobem relatywnym, odnoszącym uzyskaną jakość kół zębatach (odporność na zacieranie) proponowaną metodą wibrościerną wg parametrów skrupulatnie określonych w wyniku zrealizowania szeregu badań, do układu odniesienia, czyli jakości takich kół obrobionych dotychczas stosowaną metodą obróbki wibrochemicznej, wymagającej dużej ilości szkodliwych środowiskowo chemikaliów.

Dokonując oceny poszczególnych jej partii można je scharakteryzować następująco:

Treść rozdziału 1., po krótkim wprowadzeniu, Autor omawia charakterystykę statków powietrznych lotnictwa cywilnego oraz podstawowy przegląd ich jednostek napędowych, przedstawia nowoczesny samolot pasażerski Airbus A320Neo oraz charakterystykę silnika PW1000G z zastosowaną w nim przekładnią FDGS. Po nim następuje przegląd przekładni silników turbowentylatorowych z omówieniem charakterystyki nowoczesnych procesów obróbki wykańczającej kół zębatach. W dalszej kolejności Doktorant przedstawia wybrane zagadnienia związane ze zużyciem kół przekładni zębatach w odniesieniu do ich obróbki wykańczającej, przechodząc do opisu zaczerpniętego z literatury a odnoszącego się do charakterystyki SGP oraz wpływu falistości zarysu zębów na trwałość przekładni zębatach kończąc ten rozdział podsumowaniem. Ważny dla rozważań o pracy są podrozdziały 1.4÷1.7.

Rozdziału 2. dotyczy celu, hipotez i zakresu pracy, do których ustosunkowałem się w pkt. 4 niniejszej recenzji. Należy zaznaczyć, że zakres działań które planowane są do całkowitego zakończenia prac nad nową technologią, a wychodzący poza obszar objęty doktoratem, winien być umieszczony na końcu rozprawy w rozdziale poświęconym dalszym działaniom badawczym.

W rozdziale 3. Autor przedstawia w kilku podrozdziałach (3.1÷3.6) programy oraz metodykę badawczą i pomiarową. W pierwszej kolejności przedstawia motywację podjęcia próby obróbki wibrościernej kół zębatach stosowanych w przekładniach lotniczych w miejsce dotychczas stosowanej obróbki wibrochemicznej. Omawiając pobieżnie budowę przekładni FDGS, której koła zębata mają być obrabiane technologią wibrościerną, przechodzi do scharakteryzowania technologii obróbki wibrochemicznej podkreślając jej wady. Należą do nich stosowane chemikalia, kruszące się medium ściernie, niekontrolowany ruch obrabianych części/kół w wibracyjnym bębnie, które mają wpływ na niewystarczającą powtarzalność technologii obróbki i co wiąże się z dużą ilością wybrakowanych części. Następnie omawia

historię prac w Pratt & Whitney Rzeszów nad alternatywnymi procesami wykańczającymi. Ta część materiału powinna być przedstawiona w Rozdz. 1, bądź na początku 3, ponieważ pozwala wnioskować, dlaczego Doktorant zainteresował się tą technologią obróbki wykańczającej kół zębatach.

Kolejny podrozdział poświęcony jest wymaganiom stawianym alternatywnej obróbce wykańczającej koła zębata przekładni FDGS, a właściwie jakie defekty obróbkowe powierzchni zębów są dopuszczalne a jakie nie, dokumentując je na zdjęciach (Rys.3.13÷Rys.3.19). Wydaje się jednak, że boroskop jako narzędzie pomiarowe, nie jest najodpowiedniejszym urządzeniem służącym do określenia wymagań do precyzyjnej obserwacji SGP po obróbce wykańczającej.

Autor w następnej kolejności charakteryzuje proces wibrościerny i przedstawia urządzenia służące do pomiarów i badania elementów poddanych rozpatrywanym obróbką wykańczającą.

Ostatni z podrozdziałów zatytułowany „Plan eksperymentu” opisuje jakie badania w ramach dysertacji zostaną wykonane. Są to wg Autora badania wstępne, zasadnicze i weryfikacyjne. Niestety Doktorant chyba nie najszcześliwiej te badania zatytułował, biorąc pod uwagę fakt, co w ramach danego planu badań zamierza zrealizować. Małym niedopatrzaniem redakcyjnym Autora jest fakt, że w planie badań weryfikacyjnych opisał stanowisko do realizacji tych badań, chociaż mógł to uczynić w poprzednim podrozdziale poświęconemu aparaturze pomiarowej i badawczej.

Rozdział 4 dotyczy, wg nomenklatury zastosowanej przez Autora „badań wstępnych” w którym w pierwszej kolejności, przedstawia analizę struktury geometrycznej powierzchni zębów kół poddanych procesowi wibrochemicznemu. Analizy te dokonano w oparciu o pomiary SGP rzeczywistych kół zębatach przekładni FDGS poddanych procesowi wibrochemicznemu. Wyniki tych analiz zostały przedstawione w postaci parametrów chropowatości powierzchni ujęte w tabelach jak i zdjęć i obrazów wykonanych na mikroskopach; optycznym, konfokalnym, skaningowym i sił atomowych. Uzyskane wyniki pozwolą na zdefiniowanie konkretnych właściwości morfologicznych powierzchni bocznej zębów przekładni FDGS w celu porównania ich z właściwościami zębów obrobionymi technologią wibrościerną. Takie podejście jest jak najbardziej właściwe.

Następnym krokiem w badaniach wstępnych było przeprowadzenie testów hamownianych kół zębatach przekładni FDGS obrabianych technologią wibrościerną na stanowisku RIG. Należy podkreślić, że parametry charakteryzujące tą obróbkę; medium ściernie, prędkość obrotowa zbiornika i wrzeciona, przepływ wody w zbiorniku, usytuowanie koła w zbiorniku, kątowne ustawienie i kierunek obrotów wrzeciona a także ustawienie powierzchni bocznych koła zębatego w stosunku do strumienia przepływu medium. były dobrane losowo.

Przeprowadzono pomiary i obserwacje powierzchni kół zębatach analogiczne jak w przypadku kół obrobionych wibrochemicznie, przed i po teście hamownianym. Autor na podstawie analiz wyników przed testem, stwierdza pewne różnice w parametrach charakteryzujące powierzchnie boczne zębów obrobionych wibrościernie w odniesieniu do obróbki wibrochemicznej. Stwierdza również, że po testach hamownianych, powierzchnie boczne zębów obrobione technologią wibrościerną różnią się znacząco od powierzchni zębów uzyskanych obróbką wibrochemiczną. Są to bardzo ważne spostrzeżenia w przypadku zamienności procesów obróbki wykańczającej koła zębatach przekładni.

Kolejny rozdział poświęcony jest „Badaniom zasadniczym”, w którym autor twierdzi, że w ramach badań zostaną wyznaczone takie parametry procesu wibrościernego, które zapewnią wymaganą trwałość i niezawodność przekładni FDGS oraz zapewnią odpowiednie parametry SGP obrabianych zębów. Charakteryzując proces wibrościerny wymienia jego najistotniejsze parametry. Przebadanie i analiza wszystkich możliwych wariantów wiązało by się z olbrzymim nakładem pracy i środków finansowych, dlatego słusznie postanowiono przeprowadzić symulację komputerową.

Po badaniach symulacyjnych i analizach wyników poddano procesowi obróbki wibrościernej trzy koła słoneczne przekładni FDGS, przy różnych parametrach procesu. Doktorant przedstawia wyniki pomiarów SGP powierzchni kół przed i po procesie obróbki oraz wpływu usuwanego materiału na głębokość warstwy nawęglonej badanych kół. Na podstawie przeprowadzonych badań, zostaje wybrany do dalszych działań, jeden z wariantów/parametrów obróbki wibrościernej kształtujący topografią powierzchni bocznej zębów. Należy jednak zaznaczyć, że na podstawie jednokrotnie wykonanego procesu, trudno pokusić się o wyciągnięcie ogólnych wniosków i przystąpić, jak sugeruje Autor, do prac technologiczno-konstrukcyjnych. Wydaje się słuszne, żeby przy wybranych parametrach należy ten procesu powtórzyć. Mam nadzieję, że Doktorant ustosunkuje się do mojej sugestii.

Kończąc omawianie treści ujętych w tym rozdziale, należy kolejny raz podkreślić, że wybrane parametry procesu, które zapewniają odpowiednią SGP i pozostałe wymagania geometryczne zębów, niestety nie mogą dać odpowiedzi na pytanie o trwałości i niezawodności przekładni FDSG, bo jak sam doktorant stwierdził na s. 53, zakres prac dysertacji tego nie obejmuje. Oczywiście nie oznacza to, że w przyszłości takie badania zostaną zrealizowane.

„Badania weryfikacyjne” to kolejny 6 rozdział ocenianej dysertacji, który ściśle dotyczy jej tytułu, czyli zacierania kół zębatych walcowych, stosowanych w testach FZG, poddanych powierzchniowej obróbce wykańczającej wibrościernej i wibrochemicznej. Koła do badań typ A10 zostały wykonane ze stali i obrobione cieplnie jak oryginalne koła przekładni FDGS i zostały poddane obróbce wykańczającej wibrochemicznej, wibrościernej z losowymi i ze zdefiniowanymi parametrami procesów. Miarą odporności na zatarcie wg testu FZG jest t.z. stopień obciążenia niszczącego, który określa przy jakim obciążeniu następuje zatarcie współpracujących kół zębatych. Autor w podsumowaniu tych badań stwierdza, że stopień obciążenia niszczącego dla wszystkich rodzajów obróbek był taki sam, natomiast ilość i rodzaj występowania uszkodzeń, mierzona polem powierzchni przy kolejnych stopniach obciążenia, jest znacznie mniejsza dla obróbki wibrościernaj w odniesieniu do obróbki wibrochemicznej. Jest to bardzo pozytywny efekt zaobserwowany podczas prowadzonych badań i dający perspektywę zastąpienia uciążliwej środowiskowo obróbki wibrochemicznej obróbką wibrościerną.

Pracę kończy podsumowanie. Nie wdając się w ocenę autorskiej autooceny uzyskanych wyników, zauważyć należy właściwą interpretację ich aspektów aplikacyjnych, stwierdzone możliwości uzyskania korzyści ze stosowania zaproponowanego podejścia.

Abstrahując od niezbyt fortunnych aspektów zapisów tytułu, celu czy hipotez, studiując bogatą treść, można pozytywnie ocenić merytoryczną, w pełni zresztą dysertabilną, właściwość rozprawy, dostrzegając w niej twórcze, oryginalne podejście do opracowania mniej uciążliwego sposobu, od dotychczas stosowanych, obróbki kół zębatych o wysokich, wymaganych w przemyśle lotniczym, parametrach technicznych, z wykorzystaniem szeregu

nowoczesnych urządzeń badawczych i profesjonalnym wykonaniem szeregu pomiarów i eksperymentów, zwłaszcza tribologicznych.

7. Uwagi i spostrzeżenia szczegółowe

Język pracy jest w zasadzie poprawny. Wyjątki związane z nieprecyzyjnymi określeniami nie zmieniają mojej oceny. Niefortunności te wynikają z potocznych wyrażen, skrótów myślowych oraz zapożyczeń językowych, które przez Autora są używane i postronnego czytelnika mogą wprowadzić w błąd. Kilka nieprecyzyjnych i niezrozumiałych określeń, użytych w dysertacji przez Doktoranta przedstawiam poniżej:

- s 20 g. *...utruty sprzętu.....*- co to jest, bo miemam, że coś ze sprzężaniem, czy nie można bardziej zrozumiale tego wyrazić?
- s 32 d. 21...*Pomiar skaningowym mikroskopem elektronowym...chyba jednak obserwacje wykonane za pomocą SEM.*
- s 34 d. 12 *Procesy wibrościerne są szeroko dostępne na rynku.....* Jak szeroko?
- s 34 d. 8.....*nadaje wygląd handlowy.*- Jaki to wygląd ?
- s 67 Rys. 4.14.....*8-typowa struktura w ocenie specjalnego oświetlenia - Jest to niezrozumiałe*
- s 110 d. 19.....*wymagań dotyczących boroskopowania....*Chyba wymagań dotyczących inspekcji boroskopem?
- S.110 d.6 *„lokalne zaburzenie izotropowości”*- Jak należy to rozumieć?
- S.117 g.4 *...należy zweryfikować powierzchnię boczną zębów po szlifowaniu w celu zrozumienia jej struktury.* – Na czym ta weryfikacja polega i jak należy rozumieć strukturę?
- s 118 g. 10.....*w celu lepszego zrozumienia uzyskiwanej struktury geometrycznej.* – jak należy rozumieć tą strukturę?
- s. 120 Rys.5.16 *....poddanego suchego medium* – Powinno chyba być *„poddanego działaniu suchego medium”*
- s. 153 Rys.5.81 Opisy wykresów mało czytelne.

Na koniec dwie uwagi ogólne dotyczące redakcji dysertacji. Ponieważ autor w opisach posługuje się skrótami dot. oznaczeń, procesów, wielkości mierzonych, nazw itp. szkoda, że na początku dysertacji nie umieścił wykazu ważniejszych oznaczeń i skrótów.

W przypadku opisów i wyjaśnień na rysunkach należy być konsekwentny i stosować język w którym napisana jest rozprawa (przykład Rys. 1.5, Rys. 1.9÷1.13, Rys. 1.28) a ponadto należy zachować odpowiednie proporcje prezentujące wyniki badań na zdjęciach (dla przykładu Rys. 5.13 i Rys.5.14)

8. Ocena dysertacji i konkluzja

Zagadnienie naukowe i oryginalność wyników

Rozprawa doktorska dotyczy jednoznacznie określonego i jasno przedstawionego zagadnienia badawczego w odniesieniu do realnego zapotrzebowania technicznego. Uzyskane wyniki, z uwagi na systemowość podejścia, można określić jako oryginalne, mogące przysporzyć praktyce inżynierskiej cennych informacji.

Metody badawcze

Zastosowane w pracy metody badawcze generalnie należy ocenić pozytywnie, pomimo widocznej potrzeby określenia ograniczenia aplikacyjności przyjętego sposobu, z powodu

adresowania do konkretnego systemu technicznego i braku – choćby cząstkowych – uogólnień. Autor przeprowadził szereg właściwych dla rozwiązania postawionego problemu prac technologicznych oraz pomiarów i badań laboratoryjnych, a także zaplanowanych w przemyślny sposób, solidnie wykonanych eksperymentów tribologicznych i analiz instrumentalnych, umożliwiających poczynienie wielu istotnych obserwacji i sformułowanie ukierunkowanych na praktyczne wykorzystanie wniosków.

Stopień rozwiązania zagadnienia

Stopień rozwiązania zagadnienia można ocenić jako zadowalający. Pomimo wyrażonych w recenzji uwag metodologicznych, rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu, jakim jest opracowany i zweryfikowany w warunkach testowych (normatywne stanowisko przekładniowe FZG) sposób określania właściwych parametrów proponowanej obróbki z punktu widzenia efektu końcowego – trwałości eksploatacyjnej wysokoobciążonych przekładni zębatych. Autor uczynił to samodzielnie, stwarzając możliwość zbudowania na bazie uzyskanych wyników swoich badań procedur inżynierskich, szczególnie przydatnych w odniesieniu do techniki lotniczej. Zaproponowane podejście można wykorzystać do analogicznych systemów technicznych, wymagających wysokiej jakości eksploatacyjnej, w szczególności trwałości i niezawodności.

Wniosek końcowy

Dysertację mgr. inż. Wiesława Budzisa oceniam pozytywnie. Uwagi zawarte w tekście recenzji oraz na jej końcu nie umniejszają merytorycznej wartości rozprawy. Zawarty w niej materiał badawczy jest oryginalnym dorobkiem Doktoranta i stanowi oryginalne rozwiązanie problemu. Autor wykazał umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy badawczej.

Stwierdzam, że praca pt. „Badanie wpływu procesów obróbki wykańczającej zębów na zacieranie przekładni lotniczych” spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim i proponuję Radzie Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej dopuszczenie mgr. inż. Wiesława Budzisa do publicznej obrony, a po jej pozytywnym przebiegu o nadanie Kandydatowi stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna.



Architektura logiczna rozprawy kwalifikacyjnej wg prof. S. ZIEMBY

Cz. I. Studium analityczno-krytyczne stanu zagadnienia na dzień dzisiejszy w świecie i w kraju pod względem:

- a) merytorycznym,*
- b) metodologicznym,*
- c) aplikacyjnym.*

Cz. II. Sformułowanie problemu:

- 1) Wybór i uzasadnienie tematu,*
 - a) wybór tematu rozprawy*
 - b) komentarz,*
 - c) uzasadnienie*
- 2) Cel pracy.*
- 3) Metoda.*
- 4) Program i plan pracy.*
- 5) Spodziewane wyniki.*

Cz.III. Egzemplifikacja

- a) bądź ilustracja opracowanych metod,*
- b) bądź eksperymentalne potwierdzenie tezy opracowanej w cz. II,*
- c) bądź eksperymentalne wyznaczenie potrzebnych ważności parametrów.*

Cz.IV. Zakończenie - podsumowanie pracy.