



Dr hab. inż. Andrzej Baier prof. nzw. w Pol. Śl.  
Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów  
Wytwarzania Politechniki Śląskiej

**RECENZJA**  
rozprawy doktorskiej  
**mgr. inż. Mateusza Cielniaka**  
p.t.

## **Zastosowanie podobieństwa konstrukcyjnego i modelu kosztów w tworzeniu typoszeregów konstrukcji maszyn**

opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Mechanicznego Technologicznego  
Politechniki Śląskiej w Gliwicach będącego rezultatem uchwały Rady Wydziału

### **1. Uwagi ogólne dotyczące tematu rozprawy oraz celu i zakresu pracy**

Przedmiotem pracy są zagadnienia związane z generowaniem typoszeregów konstrukcji oraz metodami szacowania kosztów ich wytwarzania.

Typoszeregi konstrukcji to zbiór konstrukcji charakteryzujących się stałą postacią konstrukcyjną oraz wartościami wymiarów zmieniającymi się odpowiednio do uporządkowanych wartości cech charakterystycznych. Podstawowym założeniem teorii podobieństwa konstrukcyjnego jest zachowanie identycznych stanów w każdej typowielkości. Do stanów tych można zaliczyć: stany zjawisk fizycznych, stany stereomechaniczne oraz inne stany proste.

Wyniki wielu opublikowanych badań wskazują, że decyzje podejmowane na etapie projektowo-konstrukcyjnym mają kluczowy wpływ na koszty wytwarzania. Dlatego ważne jest uwzględnienie rachunku kosztów podczas procesu projektowo konstrukcyjnego.

Z pełnym przekonaniem stwierdzam zatem, iż zaproponowany temat rozprawy jest aktualny i ważny, zarówno z punktu widzenia naukowego jak i inżynierskiego.

Autor sformułował 3 tezy pracy:

**1. Na podstawie teorii podobieństwa konstrukcyjnego istnieje możliwość opracowania typoszeregu konstrukcji o minimalnej różnorodności stanów fizycznych, stereomechanicznych i prostych w stosunku do konstrukcji wzorcowej.**

**2. Jeżeli w przypadku każdej konstrukcji wzorcowej elementu będzie tworzony typoszereg o stałym stopniu dyskretyzacji na podstawie teorii podobieństwa konstrukcyjnego, to utworzone z nich złożenia będą również spełniać warunki podobieństwa konstrukcyjnego.**

**3. Istnieje możliwość integracji doboru ilościowych cech konstrukcyjnych typoszeregu z wyznaczaniem relatywnych kosztów wytwarzania poszczególnych typowielkości typoszeregu.**

Moim zdaniem sformułowano zbyt dużą liczbę tez. Ponadto teza numer jeden jest powtórzeniem sformułowań opublikowanych przez promotora pracy Pana Prof. Gendarza. Z uwagi na temat rozprawy doktorskiej jedynie teza nr 3 w pełni się do niego odnosi.

BIURO DZIEKANA	
RMT	2013 -06- 21
L. dz. 6.45.PJ.2006/2017/13	

Określenie „Brak jest narzędzi, które pozwalałyby oszacować koszt wytwarzania nowo tworzonego typoszeregu konstrukcji w procesie projektowo-konstrukcyjnym.” jest nieprecyzyjne i nie poparte studiami literaturowymi w kontekście podejścia Autora do określania kosztów pojedynczych elementów.

Cel cząstkowy „- weryfikacja praktyczna działania utworzonej aplikacji...”, postawiony w pracy przez Autora nie został w mojej ocenie zrealizowany.

W rozdziale zatytułowanym "Cel pracy, założenia i tezy pracy" brak jest założeń. Szkoda, iż Doktorant nie uznał za celowe dodanie zakresu pracy szczególnie w zakresie rozpatrywanych operacji i zabiegów technologicznych, kosztów oraz wybranych przykładów.

Podsumowując tę część oceny pracy stwierdzam, że jej temat jest ważny zarówno z punktu widzenia naukowego jak i inżynierskiego, aplikacyjnego. Zaprezentowane cele cząstkowe rozprawy, zostały nakreślone dość szczegółowo, obejmują realizację niezbędnych i starannie przemyślanych zadań badawczych, z których część mająca charakter naukowy, została uzupełniona studiami literaturowymi, a szeroko rozumiana część badawcza, autorskimi eksperymentami polegającymi na wyznaczeniu różnymi metodami kosztów wytwarzania wybranych typoszeregów konstrukcji oraz ich porównywaniu.

## **2. Struktura i charakterystyka pracy**

Opiniowana praca składa się z ośmiu rozdziałów zasadniczych, spisu oznaczeń, spisu treści, spisu literatury, dołączonych w formie elektronicznej, załączników. Niestety brak streszczeń w języku polskim i angielskim. Całość została zaprezentowana na 149 stronach. Wykaz literatury obejmuje jedynie 49 pozycji. Układ treści, podział na rozdziały (bardzo nierównej wielkości), sformułowane tezy i cele pracy zaprezentowane zostały precyzyjnie. Zarówno merytoryczny jak i strukturalny układ pracy oceniam pozytywnie.

W pierwszej części pracy, którą według mnie stanowią rozdziały pierwszy, drugi i trzeci to kilkustronicowe wprowadzenie, teza oraz cel pracy. Wyraźnie brakuje określenia jej zakresu. We wprowadzeniu, Autor przytacza podstawowe wiadomości dotyczące teorii podobieństwa konstrukcyjnego oraz rachunku kosztów wytwarzania.

W drugiej części pracy, na którą składają się rozdziały 4 i 5 to przegląd zagadnień związanych z modelami tworzenia typoszeregów konstrukcji oraz modelem wyznaczania relatywnych kosztów.

Trzecia część dysertacji to rozdziały 6, 7 i 8. W pierwszym z tych rozdziałów, zasadniczym dla ocenianej dysertacji, zaprezentowane zostały przykłady wałków, sprzęgieł, przekładni pasowych, chwyteków i stojaków hydraulicznych. Przykłady zaprezentowano pod kątem tworzenia typoszeregu konstrukcji oraz wyznaczania kosztów wytwarzania. W rozdziale 7, skoncentrowano się na opisie utworzonego na podstawie wcześniej przedstawionych zależności oprogramowania.

Ostatnią, czwartą, część pracy stanowi rozdział 8. Zaprezentowano w nim wnioski i uwagi końcowe. Szkoda, że nie znalazły się w nim perspektywy dalszych prac dotyczące zagadnień, które są przedmiotem dysertacji.

Pracę uzupełniają, bibliografia oraz dołączone w formie elektronicznej, załączniki.

## **3. Ogólna ocena i uwagi dotyczące rozprawy**

Zaproponowany temat rozprawy dobrze wpisuje się w sferę działań badaczy i inżynierów stawiających za cel swojej działalności określenie kosztów wytwarzania już na etapie projektowania. Przyczynkiem w kompleksowej realizacji tych ważnych haseł jest oceniana praca. Zachowane zostały prawidłowe proporcje pomiędzy wątkiem naukowym i inżynierskim. Pozytywnie oceniam układ merytoryczny i strukturalny pracy.

Ogólną ocenę pierwszej części dysertacji, przedstawiłem w rozdziałach pierwszym i drugim niniejszej opinii.

### **Jako główne osiągnięcia Autora dysertacji uważam:**

1. W ocenianej pracy rozwinięto model generowania typoszeregów konstrukcji maszyn opracowany przez Promotora.

Model generowania typoszeregów konstrukcji maszyn Pana prof. Gendarza został zmodyfikowany i rozwinięty w sposób umożliwiający szacowanie kosztów wytwarzania typowielkości na dalszym etapie prac (rozdział 4).

2. Na podstawie analizy przedstawionej w rozdziale 6.5 wykazano, że jeżeli elementy spełniają założenia teorii podobieństwa konstrukcyjnego to utworzone z nich złożenie również będzie te założenia spełniać.

Wygenerowano typoszereg wałków oraz sprzęgieł kołnierзовych w oparciu o teorię podobieństwa konstrukcyjnego. Następnie podjęto próbę utworzenia złożenia z tych elementów. Po zwiększeniu liczby typowielkości wałków i sprzęgieł oraz zdefiniowaniu dodatkowych relacji sprzężeń wymiarowych wygenerowano typoszereg przekładni pasowych (rozdział 6.5). Potwierdzono tym samym, że możliwe jest uzyskanie złożenia spełniającego założenia teorii podobieństwa konstrukcyjnego z elementów spełniających te założenia.

3. Opracowano model szacowania kosztów wytwarzania na podstawie metod przedstawionych w pracach Pana prof. Gendarza.

Opracowano model szacowania kosztów wytwarzania typoszeregów konstrukcji. W modelu zastosowano trzy metody szacowania kosztów przedstawione w pracach prof. Gendarza: metodę podobieństwa, metodę bazującą na symulacji CAM oraz metodę uproszczoną (rozdział 5).

4. Przygotowano zasady wyboru metody szacowania kosztów wytwarzania.

Metody szacowania kosztów wytwarzania zastosowano do wyznaczenia kosztów wytwarzania wybranych typoszeregów konstrukcji. Porównano wyniki metod.

5. Opracowano narzędzia komputerowego wspomaganie procesu szacowania kosztów wytwarzania.

W oparciu o przeprowadzone badania opracowano komputerowe narzędzia wspomagające proces doboru cech konstrukcyjnych i szacowania kosztów wytwarzania. Wygenerowano arkusz kalkulacyjny Excel z odpowiednio zdefiniowaną strukturą danych oraz formułami ułatwiającymi dobór cech konstrukcyjnych i szacowania kosztów wytwarzania. Przygotowano program komputerowy pozwalający w prosty i szybki sposób oszacować koszty wytwarzania. Program ten charakteryzuje się prostotą wprowadzania danych oraz łatwością zapisu i analizy wyników.

## **4. Uwagi szczegółowe**

### **4.1 Odnoszące się do całej pracy**

1. Zbyt wiele powtórzeń. Powtórzenia dotyczą wywodów i osiągnięć opublikowanych już przez Promotora.
2. Zamieszczono w pracy wiele prostych rysunków nie odpowiadających poziomowi pracy doktorskiej. Rysunki te można było pominąć. Brak jest natomiast rysunków istotnych bez których treść pracy jest trudna do zrozumienia (np. korpus chwytaka z opisanymi nazwami parametrów).
3. Zbyt mała liczba odwołań literaturowych zwłaszcza w rozdziale nr 2 „Literaturowa analiza zagadnienia”.

4. W wielu zamieszczonych wzorach brak opisu oznaczeń stosowanych indeksów i zmiennych. Nie zawiera ich również wykaz zamieszczony na str. 5-6.
5. W ocenianej pracy Autor nadużywa formy osobowej.
6. W przypadku opracowanych przykładów Doktorant powinien przedstawić przynajmniej karty instrukcyjne obróbki.
7. Brak uzasadnienia wyboru przykładowych elementów i zespołów
8. We wstępie teoretycznym doktorant zakłada obliczenia jedynie według stanów granicznych natomiast w pracy stosuje obliczenia według naprężeń dopuszczalnych.
9. Brak podejścia od ogółu do szczegółu odnośnie kosztów i technologii wytwarzania.
10. Brak praktycznej weryfikacji przedstawionego w pracy oprogramowania.

#### **4.2 Uwagi szczegółowe mające charakter jednostkowych**

1. Tablica 4.2 powinna odpowiadać rys. 4.16.
2. Dlaczego dane liczbowe z tablicy 4.2 i rys. 4.14 są różne? To samo dotyczy tablicy 4.5.
3. Śmieszne literówki: „reguła pozwala na oblizanie wartości”.
4. Rysunek 4.23 zawiera błędy.
5. Str. 9 „oraz zbadano dwa sposoby przypisywania liczb podobieństwa: do operacji oraz do zabiegów (rozdział 5.1 i 5.2). „ – nie dopatrzyłem się w tych punktach takiego podziału.
6. Rys. 2.1 powinien być uzupełniony o np. tworzenie projektu. Punkty 4 i 5 niekoniecznie w tej kolejności.
7. Str 12. Ostatni akapit „Stosowanie elementów wytwarzanych tam, gdzie mogą być zastąpione elementami znormalizowanymi podnosi koszty wytwarzania w sposób nieuzasadniony.” – czy tylko znormalizowanymi? A elementy katalogowe?
8. Str 25, rys. 4.1 – niejasne przepływy informacji pomiędzy wyznaczonymi i opisanymi blokami zwłaszcza tymi połączonymi w grupy.
9. str 27 rys 4.2 zawiera błędy wobec oznaczeń zamieszczonych na stronach 5-6
10. str 27 rys 4.3 zawiera błędy i braki zapisu.
11. rys. 4.7 jest zbędny.
12. str. 31 brak rysunku połówki sprzęgła kołnierzonego – opisywanego w treści pracy.
13. str. 32 „Na podstawie powyższej analizy można zauważyć, że:  
- siatka elementów skończonych elementu wejściowego jest podczas procesu modyfikowana.”- ten wniosek jest nieuprawniony.
14. Rys. 4.14 nie odpowiada tablicy. Brak wymiaru KR5.
15. Tablica 4.2 nie koresponduje z rys. 4.16.
16. Rys. 4.23 – trywialny, dodatkowo zawiera błędy zapisu.
17. Rys. 4.24 – brak powiązania z konkretnym przykładem lub błąd w opisie.
18. Str. 50 – niezrozumiałe odwołanie do tablicy 6.5.
19. Str. 54 brak tablic 4.6 – 4.10.
20. Punkt 4.8.2 – brak określenia typu elementu skończonego stosowanego w analizach.
21. Tablica 4.5 nieczytelna gdy brak jest powiązanego z nią rysunku z oznaczonymi nazwami parametrów.
22. Str. 54 „Akceptowalną dokładność wyników sięgającą 94,249% uzyskano przy jednorodnej siatce” – skąd ten wynik i z czym go porównano?
23. Rys. 4.28 i zamieszczony do niego opis nie sobie nie odpowiadają.
24. Str. 57 „Analizując nową siatkę można zauważyć zagęszczenie podziału w miejscach, do których przyłożono siłę oraz które utwierdzono.” – nie wiadomo o które miejsca chodzi.
25. Rys. 4.30 – brak opisu czego dotyczy.
26. Str. 61. Zamiast odwołania do 2.2.1 powinno być 2.2.2.

27. Rys. 5.1 słabo czytelny.
28. Str. 62 „Koszty wytwarzania elementów dobieranych są znane. Tych informacji może udzielić producent danego elementu” – co najmniej wątpliwe „lub też koszt ten można wyznaczyć w oparciu o tablice relatywnych kosztów wytwarzania” – czy nie wystarczy nam cena zakupu?
29. Str. 64 – niefortunny zwrot kieszonowanie.
30. Str 64 indeksy L i l – brak tu konsekwencji.
31. Str. 65 „Dłutowanie rowków winowo” – niezrozumiałe określenie.
32. Str. 66 - "Jedynym zmiennym wymiarem jest długość rowka." - co z szerokością i głębokością rowka pod wpust?
33. Rys. 5.2. Ruch narzędzia w dwóch osiach podczas toczenia-niezrozumiały podpis. Brak odpowiadających mu informacji na rysunku.
34. Rys. 5.3. Postać konstrukcyjna tulei - błędy w zapisie konstrukcji. Czy brak sfazowań jest normalny odnośnie tulei?
35. Tablica 5.7 - proces technologiczny tulei jest niekompletny. Jeśli w zapisie konstrukcji tulei brak jest tolerancji kształtu i położenia oraz chropowatości nie można porównywać procesów technologicznych i dobierać ich parametrów. Czy opisywana w pracy tuleja nie powinna być obrabiana z mocowaniem na trzpieniu?
36. Tablica 5.10 - Czy otwór fi20x80 wykonywany może być w jednym przejściu i bez nawiercania?
37. Str. 76 - brak min. karty technologicznej instrukcyjnej.
38. Rys. 6.1 - niepełna postać konstrukcyjna. Brak wymiarów, chropowatości, tolerancji kształtu i położenia.
39. Str. 78 - brak rysunku ze schematem obciążeń.
40. Tablica 6.8 - brak szlifowania i gwintowania.
41. Punkt 6.3.1 - niezręczne sformułowanie.
42. Rys 6.5 zastosowana norma PN-M-82008:1965 jest nieaktualna. Zastąpiona normą PN-M-82008:1977.
43. Rys 6.5 zastosowana norma PN-M-82168 - pozycja jest źle opisana- nakrętka sześciokątna dokładna.
44. Rys 6.5 zastosowana norma PN-M-82342 - pozycja jest źle opisana, brak roku. Śruby pasowane ze łbem sześciokątnym z gwintem długim.
45. Rys 6.5 - dlaczego przy pozycji wpust brak normy, jeśli przy innych pozycja są wyszczególnione.
46. Rys 6.5 - czego dotyczy wymiar w? Rysunek błędny, wymiarowanie niezgodne z normą.
47. Rys. 6.6 - podpis postać konstrukcyjna wału jest niezgodny z zawartością.
48. Str. 86 PN-66/M-82342 - norma nieaktualna.
49. Str. 86 PN-78/M-82006 - norma nieaktualna.
50. Str. 87 "przy czym relacja R1 jest bardziej niekorzystna od R3, a relacja R5 bardziej niekorzystna od R7." - niezrozumiałe.
51. Tablica 6.13 - nie wiadomo czego dotyczy jej zawartość. Zbyt skąpy opis..
52. Str. 91 - PN-700/M-85005 - błędnie oznaczona norma.
53. Tablica 6.17 - brak rozwiercania. Zastosowano otwory pasowane.
54. Rys. 6.13 - nieczytelny, wszystkie krzywe się pokrywają.
55. Str. 96 "sprzęgieł kołnierzowych opracowanych w poprzednich etapach prac" - brak odwołania literaturowego.
56. Str. 96 - termin złącze tarciove jest nieznan i wymaga wyjaśnienia.
57. Str. 97 - "Silnik elektryczny zamocowany jest kołnierzowo w obudowie zapobiegającej powstawaniu momentu zginającego na wale" - wymaga dodatkowego komentarza.
58. Rys. 6.14 - numer błędnie powtórzony.

59. Str. 103 Zdanie "W skład przekładni pasowej wchodzi podstawa silnika z przymocowanym do niej silnikiem" wymaga wyjaśnienia.
60. Tablica 6.29 - "nieużyte" - niewłaściwe określenie.
61. Str. 106 - "Na podstawie analizy istniejących rozwiązań konstrukcyjnych zdecydowano się oprzeć w rozważaniach na koncepcji chwytaka 2-szczękowego o równoległym układzie szczęk firmy SMC serii MHZ2" - brak odwołania literaturowego.
62. Rys. 6.17 - błędny zapis konstrukcji.
63. Str. 118 - "Założono drogę dojazdu wiertła równą 300mm" - dla elementu wierconego o wymiarze 10mm jest to niezrozumiałe.
64. Rys. 6.27 - błędny zapis konstrukcji, przesunięte spoiny.
65. Str. 119 - dlaczego dla stojaka wyróżniono jedynie 3 relacje? Czy taki stojak nie podlega wyboczeniu? W analizowanym przykładzie chwytaka uwzględniano tarcie, a w przypadku stojaka nie.
66. Str. 125 - obliczanej wartości  $x_t$  brak na rysunku 6.34a, do którego jest odwołanie.
67. Rys. 6.30 - podpis nie odpowiada zawartości.
68. Tablica 6.52 - zawiera mocno niekompletny wykaz operacji dotyczących wytwarzania stojaka hydraulicznego.
69. Str. 136 - odwołanie do nie tej tablicy.
70. Str. 136 - ostatni akapit. w założeniach systemu zakładano jednolite tworzywo, a teraz odstępstwo. Jeśli zmiana założeń należy to uzasadnić.
71. Str. 141 "Poprawność działania programu została zweryfikowana poprzez porównanie uzyskanych wyników z wynikami obliczonymi w arkuszu kalkulacyjnym Excel" - to przecież muszą być te same wyniki. Poprawność działania programu należało sprawdzić w zupełnie inny sposób.
72. Str. 144 - "Przeprowadzone badania pozwalają przedstawić następujące wnioski potwierdzające tezy przedstawione w pracy:" - nieuprawnione. Brak jest odniesienia do najważniejszej tezy nr 3. Dopiero na str. 145 w punkcie 12 znalazłem odniesienie do tezy nr 3.
73. Str. 146 - punkt 13 - "Wybór metody wyznaczania kosztów wytwarzania zależy od danego typoszeregu" - uprzednio Doktorant udawał, że zależy od rodzaju środka technicznego.

Inne drobne błędy zaznaczono w tekście pracy.

## 5. Końcowa ocena pracy

Oceniając całość zaprezentowanej rozprawy należy podkreślić jej ciekawy temat oraz obszerną stronę poznawczą i techniczną; ciekawie sformułowane zadanie naukowe. Prezentowany w tytule, główny jej problem naukowy, dotyczy przede wszystkim analizy kosztów prowadzonych w trakcie tworzenia typoszeregów konstrukcji maszyn, a także analizy rezultatów badań, opracowanych przez Autora modelu procesu generowania typoszeregów konstrukcji. Niezależnie, praca stanowi bardzo szerokie studium podejścia inżynierskiego do analizy kosztów. W moim przekonaniu, Autorowi, w pełni udało się udowodnić główną tezę pracy (teza nr 3) jaka została sformułowana na jej początku. Otrzymane rezultaty, przeprowadzonych badań modelu, moim zdaniem, obejmujące jednak dość ograniczony zasięg, m.in. ze względu na taki a nie inny wybór przykładowych elementów i zespołów, potwierdziły jej słusność.

Zadania naukowe i badawcze zostały sformułowane poprawnie, a ich realizacja dokonana z pełnym powodzeniem. Potwierdziła się słusność poprawności przyjętej koncepcji postępowania zmierzającej do udowodnienia sformułowanych tez pracy.

Prezentowana praca jest dobrym dowodem na potwierdzenie dużej wiedzy Dysertanta, w zakresie umiejętnej organizacji badań, ich realizacji oraz interpretacji. Rozwiązując zadanie określone w tytule pracy, Autor, wykazał się dobrą znajomością zagadnień dotyczących różnych obszarów wiedzy, a przede wszystkim, projektowania, oraz programowania i analizy kosztów. Wykazał również, iż bardzo dobrze potrafi formułować problemy badawcze, wskazywać ich cele, proponować odpowiednie metody, które w efekcie doprowadziły Go do propozycji zastosowania autorskiego, programu komputerowego. Z powodzeniem udowodnił w pracy, iż jego zastosowanie może być przydatne w analizie kosztów tworzonych typoszeregów konstrukcji.

Na szczególne podkreślenie zasługuje wielodyscyplinarny charakter rozprawy, co wymagało od jej Autora szczególnego wysiłku, w procesie opanowania wiedzy z kilku dziedzin.

W tej części mojej opinii, a więc dotyczącej końcowej oceny pracy, pragnę dodać, iż wskazane przeze mnie, w niniejszej opinii, błędy i wyszczególnione potknięcia, w żadnym stopniu nie umniejszają mojej wysokiej oceny pracy. Niewątpliwie staranniejsza korekta pracy jaka powinna być przeprowadzona przed ostatecznym opracowaniem redakcyjnym, znacząco mogłaby przyczynić się do podniesienia jej poziomu edytorskiego.

## **6. Wniosek końcowy**

Biorąc pod uwagę przedstawiony mi do zaopiniowania materiał, oryginalność rozwiązanego w rozprawie zagadnienia naukowego i badawczego, a tym samym, fakt potwierdzenia umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej uważam, że przedłożona rozprawa może służyć za podstawę do rozpatrzenia wniosku o nadanie Autorowi pracy, stopnia doktora nauk technicznych. Wobec spełnienia wszystkich wymogów ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003r., Dz.U. Nr 65, poz. 595 i wnoszę o dopuszczenie pracy mgr. inż. Mateusza Cielniaka p.t. „Zastosowanie podobieństwa konstrukcyjnego i modelu kosztów w tworzeniu typoszeregów konstrukcji maszyn”, do publicznej obrony.

Recenzowana praca mieści się w dyscyplinie "Budowa i eksploatacja maszyn".

Gliwice dn. 21.06.2013.

Andrzej Baier

