

Prof. dr hab. inż. Anna SOBOTKA  
Akademia Górniczo-Hutnicza  
Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki  
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii  
30-059 Kraków Al. Mickiewicza 30  
Tel. 501287737

Kraków, dnia 15.01.2016r.

## RECENZJA

### rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny KRAWCZYŃSKIEJ-PIECHNY pt. „Interaktywna metoda planowania robót betonowych z analizą efektywności wykorzystania deskowań systemowych ”

Recenzję opracowano na prośbę Dziekana Wydziału Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii Politechniki Warszawskiej w Płocku Pana profesora dr hab. inż. Janusza Zielińskiego (pismo nr PO/27/2015 z dnia 23.12.2015r.).

#### 1. Układ i treść rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Anny Krawczyńskiej-Piechny pt.: „Interaktywna metoda planowania robót betonowych z analizą efektywności wykorzystania deskowań systemowych”. Promotorem pracy jest dr hab. inż. Roman Marcinkowski, prof. nadzw. Politechniki Warszawskiej.

Opiniowana rozprawa doktorska, wydana w postaci książki, obejmuje 193 strony, łącznie z rysunkami (w tym 6 rysunków na wkładkach, o niestandardowym formacie), tabelami, oraz spisem treści – do książki dołączono pendrive, zawierający plik z rysunkami.

Praca ma charakter teoretyczno-doświadczalny, a z racji opracowanego działającego programu komputerowego także praktyczny. Tematyka pracy dotyczy planowania realizacji obiektów budowlanych zaprojektowanych w technologii monolitycznego budownictwa betonowego. Technologia ta wymaga zastosowania konstrukcji tymczasowych – formujących elementy żelbetowe obiektu, a z racji dużych kosztów ich stosowania ważnym jest takie zaprojektowanie i zaplanowanie robót budowlanych (monolitycznych), aby podczas ich wykonywania uzyskać jak najwyższą efektywność wykorzystania konstrukcji tymczasowej.

Zasadniczą treść pracy poprzedza wykaz najczęściej stosowanych skrótów i oznaczeń, co porządkuje, ułatwia zrozumienie i korzystanie z pracy czytelnikowi. We wstępie książki umieszczono krótkie streszczenie pracy w języku polskim i angielskim, przedstawiające cel i przedmiot badań.

W rozdziale 1 zatytułowanym „Cel i zakres rozprawy” został sformułowany problem oraz przedmiot rozprawy a także wskazany praktyczny aspekt podjętych prac, jakim jest „znalezienie narzędzia wspomagającego planistę w projektowaniu organizacji robót, pozwalającego mu na bieżąco analizować efektywność zaplanowanych prac”. Autorka przedstawia przesłanki podjęcia powyższych badań. Formułuje cel rozprawy podkreślając użyteczne efekty jego osiągnięcia. Osiągnięcie zakładanego celu wymagać będzie rozwiązania czterech zagadnień, a zaproponowana metodyka badań wykorzystuje m.in. algorytmy szeregowania zadań o niejednakowej strukturze ograniczeń oraz symulację dynamiczną procesów roboczych w harmonogramowaniu przedsięwzięć.

Doktorantka nie formułuje hipotezy ani tez pracy, lecz zwięźle i jasno przedstawia cel rozprawy i problemy naukowe, które zostały przez nią zdefiniowane i rozwiązane.

W rozdziale 2 przedstawiono obszerną analizę stanu wiedzy w zakresie rozwiązywania problemów decyzyjnych w planowaniu robót monolitycznego budownictwa betonowego

i jego krytyczną analizę. Analiza ta obejmuje sześć różnych, powiązanych ze sobą zagadnień, w których najistotniejsze dla celu pracy to: istniejące i stosowane metody wyboru systemów deskowania opisane w literaturze krajowej i światowej, w tym kryteria efektywności wykorzystania deskowań oraz metody szeregowania zadań w harmonogramowaniu przedsięwzięć budowlanych.

Rozdział ten stanowi niezbędną w pracach naukowych analizę krytyczną stanu wiedzy w zakresie przedmiotu badań.

Rozdział 3 zawiera opis proponowanej metody wyboru systemu deskowania do wykonania obiektu budowlanego w technologii monolitycznej betonowej. W metodzie tej wybór dokonywany jest w oparciu o wiele kryteriów. Wybór kryteriów oceny deskowań został dokonany na podstawie badań ankietowych, przeprowadzonych przez Doktorantkę. Dane z badań zostały poddane analizie statystycznej a zastosowany sposób analizy i jej wyniki opisane i przedyskutowane. Wyselekcjonowane kryteria i ustalone ich wagi zastosowano w ocenie wielokryterialnej deskowań w proponowanej w pracy metodzie. Doktorantka, przedstawia wyniki analizy krytycznej prezentowanych w literaturze metod wielokryterialnego wspomaganie decyzji, wybierając słusznie dwie metody: SAW i TOPSIS wraz z ich rozmytymi odpowiednikami FSAW i FUZZY TOPSIS, do zastosowania w opracowywanej metodyce, kierując się ich prostotą i elastycznością w praktycznym zastosowaniu.

Rozdział ten zawiera również zastosowanie powyższych metod do wyboru deskowania spośród 5 systemów deskowaniowych. Przedstawiono aparat matematyczny (formuły matematyczne) i wyniki obliczeń. Przeprowadzone analizy i wybory w tym rozdziale stanowią punkt wyjścia do wykorzystania w następnych etapach badań.

Rozdział 4 zawiera najważniejszą część rozprawy, jaką jest zaproponowanie i opis modelu systemu realizacji robót monolitycznych, zasad planowania robót z zastosowaniem deskowań i propozycja rozwiązania zagadnienia interaktywnego planowania robót budowlanych.

Autorka zwięźle wyjaśnia istotę proponowanego systemu interaktywnego, stwierdzając, że „*Ideą proponowanego systemu wspomaganie planowania robót betonowych jest symulowanie przebiegu procesu realizacji robót na zbiorze wyróżnionych elementów konstrukcji  $E=\{e_i\}$  i generowanie sytuacji decyzyjnych, jakie pojawiają się w jego trakcie*” (s. 95).

Wyróżnia i szczegółowo opisuje elementy systemu i relacje pomiędzy nimi, w tym technologiczne (za pomocą grafów i ich reprezentacji macierzowej), oraz określa trzy sytuacje decyzyjne, w których planista/użytkownik systemu dokonuje wyboru.

Objaśnienia ilustrowane są za pomocą schematów, co ułatwia zrozumienie proponowanej koncepcji rozwiązania zagadnienia.

W rozdziale tym dokonuje analizy nakładów rzeczowych robót (jednostkowych nakładów pracy na wykonanie procesów technologicznych, a także czasów dojrzewania betonu w deskowaniu, zespołów pracowników) i podaje ich wartości do wykorzystania w modelowaniu symulacyjnym przebiegu robót. Przedstawiony tu opis interaktywnej metody planowania składa się z: opisu werbalnego, modeli graficznych tj. schematów algorytmów (procedur) jasno definiujących ciągi czynności konieczne do wykonania poszczególnych zadań oraz sformułowanych zależności analitycznych i logicznych.

Przykład zastosowania opracowanego systemu planowania robót tj. jego komputerowej aplikacji wraz z danymi wejściowymi i wynikami przedstawiono w rozdziale 5. Stanowi on nie tylko prezentację działania programu ale także, w pewnym sensie, weryfikację zaproponowanej metody.

Rozdział 6 zawiera podsumowanie, wnioski końcowe i kierunki dalszych badań. Pracę zakończono wykazem literatury i załącznikiem w postaci kwestionariusza ankiety.

Spis literatury liczy 120 pozycji, w tym 97 pozycji anglojęzycznych (81% ogółu). Do egzemplarza na okładce w kieszonce dołączono także nośnik elektroniczny zawierający plik z rysunkami analizowanej konstrukcji budowlanej.

## 2. Ocena merytoryczna rozprawy

### 2.1. Ocena doboru tematu rozprawy

Przedmiotem pracy jest planowanie wykonania konstrukcji żelbetowych obiektów budowlanych w technologii monolitycznej.

Technologia ta wymaga zastosowania konstrukcji tymczasowych – formujących elementy żelbetowe obiektu, wykonywanego na placu budowy. Powszechne jest stosowanie deskowań systemowych, oferowanych przez licznych producentów, zapewniających dobrą jakość wykonywanych elementów obiektu i zmniejszających pracochłonność robót. Są i inne korzyści (omówione w licznej literaturze przedmiotu). Zakup lub wynajem deskowań wymaga znacznych nakładów finansowych. Także ich zastosowanie, w tym koszty robocizny, materiałów i sprzętu, związanych z montażem, pracą i demontażem deskowania, w koszcie jednostkowym wykonania konstrukcji żelbetowej jest znaczący (w przykładzie przedstawionym według obliczeń Doktorantki wynosi 42,6% (wynik zgodny z danymi podawanymi w literaturze i danych zebranymi przez Recenzentkę od wykonawców krakowskich). A zatem celowym jest takie zaplanowanie i zorganizowanie przebiegu robót, aby osiągnąć najwyższą efektywność wykorzystania deskowania, ocenianą w proponowanej metodzie, kosztami strat i kosztem całkowitym.

Budownictwo monolityczne obiektów budowlanych kubaturowych wciąż się rozwija a jego udział w różnych rodzajach obiektów budowlanych – o różnym przeznaczeniu - jest duży i wykazuje tendencje wzrostowe (na przykład w budownictwie mieszkaniowym wielorodzinnym - udział tej technologii budowania (19.3%) w realizacji nowych budynków wzrósł w 2014 r. o 7,3% w stosunku do 2013r. Dlatego też z uwagi na szerokie jej zastosowanie oraz niewątpliwych korzyści w skracaniu czasu i obniżania kosztów budowy, których źródło tkwi w organizacji przebiegu robót, w tym dostępności i wykorzystaniu systemowych deskowań istnieje potrzeba rozwijania odpowiednich metod i systemów DSS. Tak więc poszukiwanie interaktywnej metody planowania robót z możliwością uwzględnienia „reakcji” wpływu użytkownika na przebieg pracy przy uwzględnieniu wpływu wielu czynników zarówno wewnętrznych (rodzaj elementu, struktura konstrukcji itd.), i zewnętrznych (oddziaływanie warunków atmosferycznych, logistyki i innych) na wykonywanie monolitycznych robót, to bardzo dobra idea i zasadny temat rozważań naukowych, a wynik tych badań w postaci narzędzia wspomagającego planowanie, wykonawstwo i podejmowanie decyzji, jest niezwykle użyteczny i oczekiwany przez praktyków

### 2.2. Ocena celu i tezy rozprawy

Na podstawie obszernej analizy literaturowej (pozycji krajowych oraz zagranicznych) i doświadczeń z praktyki realizacji robót żelbetowych (także własnych) Doktorantka sformułowała następujący cel rozprawy:

*„opracowanie metod planowania, pozwalających na usprawnienia analiz procesów decyzyjnych w planowaniu robót betonowych na monolitycznych obiektach kubaturowych w aspekcie efektywnego wykorzystania deskowań systemowych”.*

Osiągnięcie tego celu wymagało (s.16.rozprawy):

- Opracowanie rozwiązań (procedur matematycznych) wspomagających planistę w wyborze systemu deskowania z zastosowaniem metod analizy wielokryterialnej;
- „*Strukturyzację procesów związanych z prowadzeniem robót betonowych, ocenę pracochłonności i czynników, mających wpływ na czas wykonywania robót betonowych oraz określenie struktury organizacyjnej frontów robót*”;
- „*określenie sposobu oceny efektywności wykorzystania deskowań systemowych, pracujących na ustalonych frontach roboczych*;
- „*opracowanie metodyki oraz algorytmów planowania, wspomagających planistę w efektywnym harmonogramowaniu prac, ze szczególnym uwzględnieniem oceny wykorzystania deskowań systemowych przez pryzmat sformułowanych kryteriów*”.

Tradycyjnie większość rozpraw doktorskich zawiera tezy lub hipotezy, które są udawdaniane badaniami prowadzonymi przez doktoranta. W tym przypadku nie jest ona sformułowana (choć określenie teza użyto na s. 61 w 9 wd, s. 62 w 11wg), ponieważ efektem badań jest zaprojektowanie systemu wspomagającego podejmowanie decyzji (DSS) w postaci możliwej do praktycznego zastosowania w działalności menedżera budowlanego, co jest zgodne z Ustawą (Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, ze zm. w Dz. U. z 2005 r. Nr 164, poz. 1365 z 2010 r., Nr 96, poz. 620, Nr 182, poz. 1228 z 2011 r. Nr 84, poz. 455, z 2014 r. poz. 1198) - ustawa znowelizowana, wchodząca w życie z dniem 01.10.2014r.- Art.13)):

1. *Rozprawa doktorska, przygotowywana pod opieką promotora, powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub artystycznego oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej lub artystycznej a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej.*

2. *Rozprawę doktorską może stanowić praca projektowa, konstrukcyjna, technologiczna lub artystyczna, jeżeli odpowiada warunkom określonym w ust. 1.).*

Doktorantka wykazała się ogólną wiedzą teoretyczną z inżynierii przedsięwzięć budowlanych, w szczególności na temat wykonywania obiektów budowlanych w technologii betonowego budownictwa monolitycznego. **Postawiła problem** – potrzeba opracowania odpowiedniego systemu decyzyjnego dla interaktywnego planowania robót betonowych z analizą wykorzystania deskowań systemowych – i **samodzielnie** rozwiązała postawione zadania. Rozwiązując to zadanie, jako dodatkowe osiągnięcie Doktorantki należy zaliczyć rozwinięcie, podstawowych metod wykorzystywanych w powyższych badaniach, tj. algorytmów szeregowania zadań o niejednorodnej strukturze ograniczeń oraz symulacji dynamicznej procesów roboczych w harmonogramowaniu przedsięwzięć, dostosowując je i uzupełniając o zasady i reguły charakterystyczne dla specyfiki badanego problemu. Utylitarne efekty zaproponowanego systemu DSS przedstawiono na przykładzie planowania budowy budynku w technologii monolitycznej (rozdział 4 i 5).

Można stwierdzić, że wybór tematyki i cel rozprawy ma charakter dysertabilny a uzyskany efekt w postaci gotowego do zastosowania programu komputerowego, ma charakter praktyczny. Wynik pracy pozwala na interaktywne planowanie tj. poszukiwanie takiego przebiegu robót, który zapewnia najwyższą efektywność wykorzystania deskowań.

### 2.3. Ocena metody rozwiązania tematu, badań i stopnia realizacji celu rozprawy

W rozprawie wyróżnić można następujące badania i osiągnięcia składające się na dobrze przemyślaną metodę realizacji podjętego zadania:

1) Analizę krytyczną dotychczasowego stanu wiedzy w zakresie rozwiązywania problemów decyzyjnych w planowaniu monolitycznego budownictwa betonowego w oparciu o dane z literatury, doświadczeń praktyki i osobistych, która pozwoliła Doktorantce przyjąć zasady i kierunki badań do osiągnięcia założonego celu, z których najistotniejsze to:

- konieczność pozyskania wiedzy (tworzenia baz wiedzy) w zakresie wykonywania robót żelbetowych na placu budowy;
- opracowanie oryginalnej metody pozwalającej na planowanie przebiegu robót cechującej się elastycznością i uniwersalnością stosowania oraz możliwością ingerencji w proces optymalizacji harmonogramu;
- przyjęcie metody przeprowadzenia badań eksperymentalnych, wykorzystującej do odwzorowania przebiegu zjawiska w czasie z możliwością ingerencji planisty (zastosowano metodę symulacji, polegającą na sekwencyjnym symulowaniu przebiegu robót z możliwością sterowania realizacją przedsięwzięcia).

Wyniki analizy krytycznej potwierdziły potrzebę zrealizowania podjętego celu badań tym bardziej, że opisywane w literaturze metody i systemy nie wskazywały na ich rzeczywiste stosowanie w praktyce budowlanej.

2) Zaproponowanie metody wyboru systemu deskowania do robót monolitycznych, opartej na wynikach stosownych badań ankietowych, pozwalających na zdefiniowanie kryteriów oceny i pozyskanie danych do wspomaganie decyzji w ocenie wielokryterialnej. Uzyskane wyniki z ankiet, poddano rzetelnej analizie statystycznej uzyskując wartości charakterystyk statystycznych ocen kryteriów. Wyznaczono także, za pomocą kilku metod ich istotność, tj. nadanie im wag. Następnie po dokonaniu analizy metod oceny wielokryterialnej wybrano dwie klasyczne metody analizy wielokryterialnej SAW i TOPSIS i ich odmiany umożliwiające podejście rozmyte do ocen: FSAW i FUZZY TOPSIS.

Zaproponowane metody wyboru deskowań (SAW i TOPSIS) zostały zastosowane do wyboru systemu deskowania do realizacji robót betonowych w przykładowym budynku, który posłużył weryfikacji opracowanej interaktywnej metody planowania robót betonowych – programu komputerowego/symulatora.

3) Zdefiniowanie systemu rzeczywistego, jakim jest interaktywny system wspomaganie planowania monolitycznych robót betonowych, który pozwala planiście definiować zakres robót do wykonania w danym czasie oraz oceniać jakościowo zaproponowane rozwiązanie. Ustalenie celu jego działania – wspomaganie podejmowania decyzji (można rzec sterowanie przebiegiem robót);

4) Formalizacja matematyczna modelu systemu, określenie zmiennych i parametrów oraz relacji. Jest to model analityczno-logiczny, który obejmuje cztery główne procesy: utworzenie nowego frontu robót, betonowanie, rozdeskowanie – etap 1 i rozdeskowanie etap 2. Zależności logiczne i analityczne ujmują opracowane algorytmy pozwalające na symulację działania modelu. Zaznaczono w nich punkty kontrolne i decyzyjne, a także momenty pozyskiwania wskaźników do oceny sytuacji oraz proponowania rozwiązań i podejmowania decyzji planistycznych.

5) Badania modelu systemu za pomocą jego realizacji komputerowej, tj. modelowania symulacyjnego, z zastosowaniem sekwencyjnego symulowania przebiegu robót, z możliwością sterowania. Opracowany program komputerowy (symulator) zw. w pracy programem głównym – zegarem symulacji.) symuluje przebieg procesu realizacji robót na zbiorze wyróżnionych elementów konstrukcji i generuje sytuacje decyzyjne pojawiające się w trakcie realizacji robót. Planista dokonuje wyborów co do:

- Otwierania nowych frontów robót,
- Decydowania o terminie i miejscu rozpoczęcia lub wstrzymania prac,
- Dokonywania alokacji zasobów czynnych.

Doktorantka wykorzystała do symulowania przebiegu procesów zegar symulacji, w którym podstawową jednostką operacyjną jest jeden dzień.

6) Opracowany symulator daje możliwość wariantowego przebiegu robót w trakcie realizacji, ich oceny, na podstawie której planowany jest dalszy przebieg (i organizacja) prac. Uzyskiwane wyniki pozwalają na porównywanie i wybór pod kątem efektywnego wykorzystania deskowań, co w efekcie pozwala na znaczące zmniejszenie kosztu całkowitego dzierżawionego deskowania jak i straty z tytułu niewykorzystania deskowań. Opracowane narzędzie w postaci programu komputerowego typu DSS – system wspomaganie decyzji, pozwala faktycznie planiście i/lub kierownikowi, na podstawie generowanych wyników podejmować racjonalne decyzje. Należy zaznaczyć, że podejmowane decyzje uwzględniają ograniczenia: dostępności zasobów (deskowań i zespołów roboczych), wymogi technologiczne i inne ograniczenia.

Doktorantka proponuje metodę planowania interaktywnego robót betonowych, pozwalającą na analizę efektywności wykorzystania deskowań. Istotnym jest to, że metodę tę można zastosować podczas realizacji budowy, w warunkach niepewności, które powodują dezaktualizację harmonogramów bazowych i konieczność bieżącego reagowania i podejmowania zasadnych decyzji (sterowania), od których zależy czas, koszt i jakość.

Opracowana metoda i zaproponowany program komputerowy, którego efekty działania przedstawione na przykładzie, dają podstawę do stwierdzenia, że założony cel rozprawy został osiągnięty.

Należy podkreślić, że problem, którym zajęła się Doktorantka jest ważny z punktu widzenia praktyki budowlanej, uzyskany efekt rozprawy bardzo użyteczny a rozwiązanie tego problemu, zwłaszcza opracowanie formalizacji matematycznej stanowiącej podstawę opracowania użytecznego programu komputerowego jako dobrego narzędzia do wspomaganie decyzji planiściom i kierownikom budowy było bardzo trudne. Wymagało od Doktorantki dużej wiedzy inżynierskiej z praktyki budownictwa monolitycznego oraz teoretycznej z matematyki, ekonomiki, zarządzania, informatyki.

Doktorantka wykazała się umiejętnością wykorzystywania takich metod naukowych i teorii jak: analizy krytycznej, metody kwestionariuszowe badań, statystykę, metody analizy wielokryterialnej, teorię zbiorów rozmytych, metody eksperckie, modelowanie i symulacje komputerowe.

Pozytywnie oceniam zastosowanie do badań realizacji procesu budowlanego metody symulacji komputerowej (z wykorzystaniem wiedzy eksperckiej i algorytmów szeregowania zadań z ograniczeniami), która pozwala odwzorować jego przebieg w czasie.

Podsumowując ocenę merytoryczną rozprawy, za najważniejsze osiągnięcia naukowe Autorki uznaję:

- 1) identyfikację problemów oraz ograniczeń technologiczno-organizacyjnych w monolitycznym budownictwie betonowym;
- 2) pozyskanie wiedzy eksperckiej na temat kryteriów oceny deskowań systemowych i innych danych potrzebnych w planowaniu robót żelbetowych;
- 3) analizę metod naukowych przydatnych do modelowania przedsięwzięć budowlanych pod kątem ich przydatności w przewidywanych badaniach;
- 4) opracowanie założeń interaktywnej metody planowania robót betonowych;
- 3) opracowanie modelu matematycznego w tym algorytmów decyzyjnych;
- 5) opracowanie algorytmu do symulacji przebiegu procesu planowania wykonania robót betonowych.

6) symulację przebiegu robót na wybranym obiekcie i analizę uzyskiwanych efektów działania interaktywnej metody planowania, wyniki której pozwalają na sterowanie przebiegiem robót (inaczej - pozwalają na generowanie sytuacji decyzyjnej a planista podejmuje decyzję).

7) wskazanie problemów, rozwiązanie których pozwoliłoby na doskonalenie zaproponowanej metody planowania i wykonywania robót monolitycznego budownictwa betonowego.

Uważam też, że stopień osiągnięcia celu rozprawy można uznać za w pełni.

### 3. Uwagi krytyczne

Przy ogólnej pozytywnej ocenie rozprawy nasuwają się pewne uwagi, co do ścisłości lub jasności sformułowań, bądź po prostu pomyłek redakcyjnych:

I GRUPA – o charakterze merytorycznym:

- odczuwa się niedosyt w przedstawieniu zaproponowanej metodyki interaktywnego planowania robót betonowych, brakuje w początkowych rozdziałach pracy - przedstawienia zwięzłe, kompletnego toku postępowania, kolejnych etapów prowadzących do osiągnięcia założonego celu, począwszy od analizy obiektu budowlanego, podziału na fronty robót, ocenę i wybór deskowania aż do opracowania i eksploatacji systemu DSS. To znacznie by ułatwiło zrozumienie opracowanego narzędzia i śledzenie wyników pracy badawczej Doktorantki.
- Podobnie brakuje w pracy wyraźnego odniesienia do weryfikacji i walidacji opracowanego modelu odwzorowującego system rzeczywisty. Tym bardziej, że algorytmy opisujące procedury przebiegu realizacji robót są bardzo złożone.
- Autorka nie ustosunkowała się do poprawności otrzymanych wyników z symulacji komputerowej zamieszczonego w pracy przykładu.
- Nie zauważono informacji bardziej szczegółowych na temat zastosowanego oprogramowania.
- Czy ustalano niezbędną liczbę pomiarów, aby uznać próby za reprezentatywne (ile faktycznie udało uzyskać odpowiedzi na wysłane ankiety?).
- Na s. 22 jest zawarta ważna uwaga, o znacznym (25-66%) udziale udział kosztów zastosowania urządzeń formujących w robotach monolitycznych, w koszcie jednostkowym wykonania konstrukcji, która powinna być podana w uzasadnieniu podjętego tematu badań.

II GRUPA – o charakterze formalnym i terminologicznym:

- Brak jednoznacznego nazewnictwa, klasyfikacji i podziału budowlanego procesu produkcyjnego, jakim jest wykonywanie obiektu budowlanego. Np. czy „demontaż fazy 2 deskowania to jest robota budowlana, proces czy operacja, np. s. 93? W klasycznej literaturze przedmiotu, począwszy od publikacji/podręczników profesorów A. Dyżewskiego lub L. Rowińskiego klasyfikacja taka została podana i powinna być stosowana.
- Brakuje w spisie treści wymienionego załącznika 2 i opisu jego zawartości.
- S. 7 - określenie „zwłoka technologiczna” nie jest zbyt techniczne, podobnie w wyjaśnieniu oznaczenia *buf\**<sub>j</sub>.

- S. 7 - zapis „ $\alpha_{i1} - \alpha_{i8}$ ” i jego objaśnienie jest niewłaściwe („parametry charakteryzujący i-ty element konstrukcyjny”), podobnie zapis: „k1- k9” s.8
- Niejasny jest zwrot „...różne miary oceny optymalności harmonogramu robót...” s.10 w14g.
- Autorka używa dość często określenia potocznego „szalunki”, np. s.14 w1d, s. 16 w12g.
- W literaturze technicznej przyjęto określenie „deskowania” lub urządzenia formujące, o co tak bardzo dbał i upominał autorów publikacji i inżynierów budownictwa Profesor Leon Rowiński.
- Niejasne jest sformułowanie „stosowanie systemów deskowań słupów nieadekwatnych do tempa przyrostu parcia mieszanki betonowej”, s.29 w 10g i w11g.
- S. 23 tab. 2.1- PERI nie Peri.
- S. 29 w 9g - brak podania pozycji literaturowych, stanowiących źródło informacji podanej przez Autorkę, dla zainteresowanego czytelnika zastosowaniem zaawansowanych metod matematycznych w przedmiocie omawianych badań.
- Są pomyłki w cytowaniu źródeł literatury: np. pozycja w tekście podana jako źródło Szwabowski (2001) jest autorstwa dwóch osób: Szwabowski i Deszcz (2001) (takich przypadków jest więcej) lub też Kankainen i Seppanen (2001) zamiast Kankainen, Seppanen (2003) s. 46 w 6d., a także s. 97 zapis König z zespołem (2012) a w wykazie literatury nie podano wszystkich autorów, jest zapis König i in.(2012) lub też Mikołakowa (2010) a w wykazie literatury jest czterech autorów.
- W wielu wzorach są błędy w zapisie sum, znaku mnożenia i oznaczeń i in., np. formuła 2.1 s.45.
- Na niektórych rysunkach opisy są nieczytelne np. rys. 3.2.
- S. 75 – błąd w nazwie FUZZY (tzw. czeski błąd).
- W tekście pracy jest sporo literówek i drobnych pomyłek, np. s. 76 w 3d brakuje wyrazu „jest”, a s. 77 w 8d jest „algorytmy” zamiast „algorytmu”,
- Brak informacji w tekście, z jakiego narzędzia (programu) korzystała Autorka do sporządzenia rys. 5.6, tzn. hipergrafu zależności technologicznych.
- Autorka nie ustrzegła się przed usterkami w poprawności językowej pracy (stylistycznymi), np. s. 27 rozpoczynając zdanie od *wraz*, nadużywa określenia *szereg* zamiast np. *wiele* s.38. w 9d a także właściwego stosowania określenia *ilość* i *liczba.*, np. s.95 w1g. Są też pewne uchybienia stylistyczne w sformułowaniu celu rozprawy (s. 16).

#### 4. Wniosek końcowy

W opiniowanej rozprawie doktorskiej mgr inż. Anna Krawczyńska-Piechna rozwiązała samodzielnie postawione zadanie naukowe, dotyczące wspomagania podejmowania decyzji podczas realizacji obiektów budowlanych wykonywanych w technologii monolitycznego budownictwa betonowego, polegające na opracowaniu interaktywnej metody planowania robót betonowych z analizą efektywności wykorzystania deskowań systemowych. Stwierdzam także, że założony cel główny, jak i cele cząstkowe, przeprowadzonych badań został osiągnięty.

Autorka wykazała się dobrą znajomością stanu wiedzy w zakresie objętym tematem pracy oraz umiejętnością prowadzenia badań i wykorzystywania odpowiednich narzędzi analizy, łączenia wiedzy teoretycznej z praktyczną, a także umiejętnością poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników. Wykazała się także umiejętnością stosowania i modyfikacji istniejących metod matematycznych.



Rozprawa napisana jest w sposób logiczny i zrozumiały. Treść rozprawy ilustrowana jest za pomocą schematów, wykresów i tabel, czyniąc pracę bardziej zrozumiałą. I tylko złożoność tematyki rozprawy spowodowała pewne drobne niedociągnięcia wymienione w rozdz. 3 recenzji.

Przedstawiona w rozprawie interaktywna metoda planowania, pozwalająca na usprawnienie analiz procesów decyzyjnych w planowaniu robót żelbetowych w monolitycznym budownictwie betonowym wzbogaca wiedzę i stanowi nowe narzędzie w inżynierii przedsięwzięć budowlanych do wspomagania zarządzania przedsięwzięciem budowlanym w fazie wykonawstwa robót budowlanych. A opracowany model symulacyjny i jego realizacja komputerowa stanowi potrzebne narzędzie do stosowania w praktyce budowlanej.

W związku z powyższym uważam, że przedłożona przez Panią mgr inż. **Annę Krawczyńską - Piechnę** rozprawa doktorska pt. **Interaktywna metoda planowania robót betonowych z analizą efektywności wykorzystania deskowań systemowych** spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, ze zm. w Dz. U. z 2005 r. Nr 164, poz. 1365 z 2010 r., Nr 96, poz 620, Nr 182, poz. 1228 z 2011 r. Nr 84, poz. 455, z 2014 r. poz. 1198) - ustawa znowelizowana, wchodząca w życie z dniem 01.10.2014r.

**i stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

