Warszawa dn 25.09.2017

Prof.dr hab. inż. Jerzy Bajkowski
Instytut Podstaw Budowy Maszyn
Politechnika Warszawska
02-524 Warszawa
Ul. Narbutta 84

RECENZJA

rozprawy doktorskiej

mgr. inż. Jana Góreckiego

p.t.

KSZTAŁTOWANIE CECH GEOMETRYCZNYCH UKŁADU ROBOCZEGO MASZYNY DO ZAGĘSZCZANIA CO_2 Z WYKORZYSTANIEM MODELOWANIAPÓL NAPRĘŻEŃ GRANICZNYCH

1. UWAGI DOTYCZĄCE TEMATU ROZPRAWY, GENEZY, SFORMUŁOWANEGO CELU I TEZY ORAZ ZAKRESU PRACY

Przedmiotem rozprawy są zagadnienia dotyczące badań i opisu cech materiałowych, modelowania, analizy, identyfikacji parametrów oraz badań eksperymentalnych i symulacyjnych procesu zagęszczania metodą szeroko rozumianej aglomeracji skrystalizowanego dwutlenku węgla.

Naturalną koleją rozwoju nauki, a także racjonalnych działań inżynierskich jest ciągła dążność do poszukiwania nowych materiałów, wykorzystywania materiałów odpadowych lub bezpośredniego wykorzystywania materiałów w procesie recyklingu. Temat opiniowanej pracy doskonale wpisuje się więc w aktualny trend poszukiwań naukowych, które dotyczą badań podstawowych i eksperymentalnych jednego z grupy materiałów odpadowych, a dodatkowo dotyczy bardzo ważnych zagadnień, które nie są do przecenienia w działaniach inżynierskich dotyczących przede wszystkim branży mechanicznej.

Po zapoznaniu się z całością pracy uważam, że sformułowanie tematu nie w pełni odzwierciedla to, co znalazło się w pracy. Autor uwypukla w tytule, przede wszystkim zagadnienia naukowe nie informując wcale czytelnika o zagadnieniach, w wielu przypadkach również z zakresu badań podstawowych, które maja znaczenie utylitarne. Poza tytułem pracy niewiele mówi się w niej w sposób jawny o polach naprężeń granicznych.

Przyjmując za pozytywną skromność Autora w zaproponowanym temacie pracy, jej cel, ograniczający się tylko do zagadnień czysto naukowych, uważam za sformułowany poprawnie.

Uzasadnienie podjęcia się opracowania zagadnień zawartych w prezentowanej pracy zostało starannie uzasadnione i nie budzi moich zastrzeżeń zarówno w odniesieniu do badań podstawowych jak działań inżynierskich.

Niestety, w sposób bezpośredni nie sformułowano tezy pracy co jest niewątpliwie jej mankamentem. A przecież można było ją prawidłowo sformułować wykorzystując choćby ostatni akapit podrozdziału 1.5.

Podoba mi się skrótowe ale pełne, przedstawienie zakresu pracy i związanej z nim metodyki badawczej, w postaci tzw. zadań badawczych. Ich realizacja gwarantuje w pełni osiągnięcie założonego celu pracy.

Podsumowując będący wprowadzeniem do pracy materiał wypełniający jej pierwszy rozdział, z pełnym przekonaniem stwierdzam, iż należący częściowo do grupy problemów z zakresu inżynierii materiałowej, mechaniki oraz budowy i eksploatacji maszyn, zaprezentowany temat rozprawy jest aktualny i ważny, zarówno z punktu widzenia naukowego, inżynierskiego jak i aplikacyjnego. Zaproponowany cel pracy dotyczy poprawnie sformułowanego zadania naukowego, a przyjęta metodyka realizacji pracy gwarantuje jego rozwiązanie. Wspomniana uwaga dotycząca tezy pracy, nie ma większego merytorycznego znaczenia w ocenie przedstawionej dysertacji. Zaproponowany zakres pracy wyczerpuje warunki, jakie są standardami podczas realizacji tego typu prac.

2. STRUKTURA I CHARAKTERYSTYKA PRACY

Opiniowana praca składa się z sześciu rozdziałów, spisu treści, ważniejszych pojęć i oznaczeń, streszczenia w języku polskim i angielskim oraz spisu literatury. Całość została zaprezentowana na 117 stronach. Wykaz literatury obejmuje 59 pozycji; ich wybór można w zasadzie uznać za trafny i wystarczający. Układ edytorski pracy nie został dopracowany starannie. Wiele uwag szczegółowych, które zaznaczyłem w tekście przekazałem Autorowi bezpośrednio na etapie konsultacji; zostały one uwzględnione w ostatecznym opracowaniu rozprawy.

W dziewięciostronicowym rozdziale pierwszym, Autor sformułował tematykę badawczą pracy. We wstępie zapoznał czytelnika z podstawowymi zagadnieniami, które będą w centrum zainteresowania w Jego pracy, dokonał krótkiego przeglądu właściwości CO_2, wskazując wielorakie możliwości jego zastosowań w różnych postaciach informując czytelnika między innymi o stosowanych technikach jego aglomeracji. W dalszym ciągu została przedstawiona i uzasadniona geneza pracy oraz sformułowane: jej cel i metodyka badawcza.

Moje uwagi dotyczące struktury tego rozdziału sformułowałem bezpośrednio powyżej, w pierwszej części opinii.

W drugim rozdziale pracy, Autor przedstawił opis własnych badań, których efektem były uzyskane wyniki opisujące właściwości mechaniczne suchego lodu. Badania zostały wykonane w trzech etapach. Kolejno dotyczyły one:

-wyznaczenia charakterystyki zagęszczania suchego lodu,

-wyznaczania współczynnika proporcjonalności naprężeń ściskających, w funkcji odkształcenia aglomeratu oraz

-wyznaczenia zmiany gęstości aglomeratu, w zależności od wartości naprężeń występujących w procesie zagęszczania suchego lodu.

W każdym z wymienionych etapów badań zaproponowano krótką metodykę działań, przedstawiono i omówiono ich rezultaty.

Trzeci rozdział pracy został poświęcony teoretycznej analizie procesu aglomeracji skrystalizowanego CO_2. Dotyczyła ona następujących kolejnych zagadnień badawczych:

-procesu aglomeracji CO_2, w kanale stożkowym oraz

-procesu aglomeracji w matrycy wielokanałowej.

W kolejnym rozdziale pracy (4) Autor, zapoznał wcześniej czytelnika z parametrami konstrukcyjnymi wielokanałowych matryc aglomeracyjnych. Budując odpowiednie charakterystyki skupił się na wyznaczeniu sił oporu, jakie występują w tego typu matrycach.

W drugiej części omawianego rozdziału zaprezentowane zostały: schemat stanowiska badawczego, algorytm sterowania nim, schemat roboczy stanowiska do zagęszczania CO_2 i fotografie zespołów roboczych, jakie wykorzystywano w czasie badań mających na celu wyznaczenie rzeczywistych wartości sil oporu występujących w procesie aglomeracji.

Przedostatni, piaty rozdział pracy został w całości poświęcony analizie numerycznej procesu zagęszczania CO_2. Korzystając z MES dla której opracowano odpowiednie modele kilku wariantów matryc, wykorzystując program Abaqus, przeprowadzono szereg obliczeń numerycznych i symulacyjnych. Dzięki nim, w dalszej części rozdziału, możliwe było wyznaczenie powiązań sił oporu występujących w procesie aglomeracji z parametrami geometrycznymi matryc i opracowanie odpowiednich wskaźników takich powiązań.

Szósty, ostatni rozdział pracy to dwustronicowe jej podsumowanie. Zostało ono przedstawione w bardzo krótkiej ale czytelnej i jasnej formie.

Dysertację doktorską tradycyjnie zamyka spis literatury. Wszystkie pozycje spisu dotyczą zagadnień, które zostały poruszone w pracy. Większość przywoływanych prac to publikacje z XXI wieku, część z końca ostatniej dekady wieku XX. Znaczną część spisu literatury stanowi spis patentów, które bezpośrednio dotyczą omawianych w pracy zagadnień. Dołączone są również dwie prace, które Autor oznaczył jako „inne".

3. OGÓLNA OCENA I UWAGI DOTYCZĄCE ROZPRAWY

Zaproponowany temat rozprawy jest aktualny i ważny zarówno z punktu widzenia naukowego jak i inżynierskiego. Wpisuje się bardzo dobrze w trend prac badaczy i naukowców stawiających za cel swojej działalności poszukiwanie nowych materiałów, nowych modeli odwzorowujących ich właściwości oraz modeli i urządzeń je wytwarzających, a także możliwości opisu matematycznego ich właściwości i zachowań w procesach przetwarzania.

Materiał będący przedmiotem zainteresowań badawczych Doktoranta nie jest materiałem nowym. Należy do materiałów bardzo dobrze znanych i jest powszechnie stosowany, w różnych działach gospodarki. Jego pierwotną formę stanowi klasyczny materiał odpadowy. Prawdopodobnie ze względu na powszechność jego stosowania nie poświęca się mu wiele uwagi w zakresie rozwiązywania problemów, które dotyczą konstrukcji i technologii maszyn przygotowujących formę użytkową tego produktu.

Zaznajamiając się z poruszonymi w pracy zagadnieniami doskonale widać, jak wiele problemów powinno być jeszcze rozwiązanych lub dopracowanych, zarówno w zakresie poznawczym, jak i w zakresie projektowania oraz konstrukcji urządzeń służących do aglomeracji CO_2.

Część z tych problemów z powodzeniem rozwiązał Doktorant w prezentowanej pracy. Podjął się On rozwiązania szeregu trudnych zadań. Polegały one przede wszystkim na opracowaniu modeli teoretycznych procesu aglomeracji skrystalizowanego CO_2, do weryfikacji których, poza danymi powszechnie znanymi, brak było jakichkolwiek

wiarygodnych parametrów. Konieczność ich wyznaczenia była powodem bardzo szeroko rozbudowanych badań eksperymentalnych, jakie Doktorant musiał przeprowadzić. Udało mu się to wykonać z dużym powodzeniem.

Częściową ocenę materiału zgromadzonego w pierwszym rozdziale pracy przedstawiłem w początkowej części opinii wskazując na zbyt ogólnikowo sformułowany tytuł pracy, brak wyraźnej tezy i dobrze oceniając zaprezentowany jej cel.

. Mimo że zawarty w tym rozdziale przegląd literaturowy jest dość skromny, to w moim przekonaniu jest on jednak absolutnie wystarczający, gdyż przedstawia ogólny pogląd na najważniejsze zagadnienia jakie pojawiają się w dalszej części pracy. Spośród 59 pozycji literatury i 13 wymienionych patentów kilka pozycji przywoływanych jest wielokrotnie; większość, w omawianej początkowej części pracy. Jedna z nich przywoływana jest 12-krotnie, co uważam za przesadę, cztery 5-krotnie, podobnie jak cytowania 4-krotne. Jednocześnie nie doszukałem się w dostarczonym mi tekście pracy, odwołań do pozycji: 12, 18, 29, 39, 42 i 57 literatury.

Drugi rozdział pracy stanowią autorskie badania Doktoranta prowadzące do wyznaczenia niezbędnych do wykorzystania w pracy, charakterystyk zagęszczania suchego lodu, wyznaczenia współczynników proporcjonalności naprężeń ściskających i gęstości aglomeratu. Przeprowadzone badania można uznać za klasyczne badania wytrzymałościowe prowadzone z wykorzystaniem maszyny wytrzymałościowej, klasyczne badania tarciowe i powierzchniowe wykonane na przy wykorzystaniu specjalistycznych stanowisk. Jednak ich rezultaty i interpretacja, a także ich przygotowanie do wykorzystania w dalszej części pracy należy uznać za ważny dorobek Doktoranta.

Krytycznie odnoszę się do moim zdaniem zbyt szerokiej prezentacji elementów i urządzeń służących do prowadzenia badań, np. cylinder -rys.2.7, zdjęcie urządzenia do pomiaru chropowatości –rys.2.11 czy bardzo duży rysunek komory klimatycznej –rys.2.15.

Materiał zgromadzony w trzecim rozdziale uważam za bardzo ważny w opiniowanej pracy. W pierwszej jego części Autor przeprowadził analizę procesu aglomeracji CO_2, w przypadku, gdy materiał znajduje się w kanale stożkowym. W drugiej części rozdziału podobną analizę, gdy proces jego aglomeracji ma miejsce w matrycy wielokanałowej. Obie te części są ze sobą ściśle połączone, a rezultaty analizy w kanale stożkowym stanowią podstawę dalszych badań analitycznych procesu aglomeracji w matrycach wielokanałowych. Osiągnięciem Doktoranta w zakresie analizy procesu aglomeracji CO_2 w kanale stożkowym jest wyznaczenie wpływu parametrów geometrycznych powierzchni zbieżnego kanału symetrycznego na prędkość wyjściową i prędkość odkształceń geometrycznych oraz wyprowadzenie zależności opisującej graniczne wartości siły oporu w takim kanale.

Otrzymane rezultaty analizy posłużyły Autorowi do przeprowadzenia podobnej analizy teoretycznej dla przypadku aglomeracji CO_2 z wykorzystaniem matryc wielokanałowych. W jej wyniku, przy wykorzystaniu bilansu wartości dyssypowanej energii została wyprowadzona zależność opisująca wartość granicznej siły oporu związanej z aglomerowaniem suchego lodu obowiązująca dla matryc wielokanałowych.

Wyprowadzone zależności dotyczące granicznej wartości siły oporu w pojedynczym kanale stożkowym oraz w matrycy wielokanałowej są ważnym elementem dorobku Doktoranta. Stanowią one również dobrą bazę wyjściową do badań numerycznych i symulacyjnych.

Czwarty, najobszerniejszy bo 48-stronicowy, rozdział pracy obejmuje analizę parametrów konstrukcyjnych matryc wielokanałowych oraz obszerne badania dotyczące wyznaczania sił oporu w nich występujących w procesie aglomeracji suchego lodu, a także oszacowanie

rozbieżności wyników badań wartości sił oporu wyznaczanych eksperymentalnie i otrzymanych na drodze analitycznej, w wyniku badań numerycznych i symulacyjnych.

W jego pierwszej części Autor skupił się na szczegółowej prezentacji parametrów czterech, wykorzystywanych w dalszych badaniach, matryc wielokanałowych. Ich prezentacja wraz z opisem zajmuje cztery strony. Uważam, że bez negatywnych skutków dla pracy i czytelnika, ten materiał, mam tu na myśli przede wszystkim rysunki, mógłby być przedstawiony w formie bardziej skondensowanej. Opisujący te elementy tekst w znacznej części jest powtórzeniem parametrów, które bez trudu można odczytać z zamieszczonych rysunków.

Druga część omawianej pierwszej części rozdziału została poświęcona badaniom eksperymentalnym, które dotyczyły wyznaczania przebiegów zmian oraz największych wartości sił oporu mających miejsce w procesie aglomeracji suchego lodu, a które były wyznaczane w zależności od wartości parametrów geometrycznych kanałów aglomeracyjnych. Wyznaczone w funkcji przemieszczenia charakterystyki dotyczące czterech badanych matryc są interesującym materiałem, który Autor wykorzystał w drugiej części analizowanego rozdziału rozpatrując wpływ parametrów geometrycznych na siłę oporu.

Opierając się na sformułowanym wcześniej modelu (zależność 3.7), po przyjęciu dopuszczalnych uproszczeń i założeń, w drugiej części rozdziału czwartego, Doktorant przeprowadził szczegółowe badania wpływu wszystkich zmiennych parametrów geometrycznych na wyznaczane wartości sił oporu występujące w procesie aglomeracji suchego lodu, w trzech rodzajach matryc wielokanałowych. Spośród występujących we wspomnianym modelu dwunastu parametrów decydujących o wartościach wyznaczanych sił, po jego analizie i przyjęciu odpowiednich założeń zdecydowano, że szczegółowe badania będą dotyczyły: wyznaczania, w funkcji wartości współczynnika tarcia pary ciernej, odpowiednich części powierzchni kanału aglomeracyjnego-suchy lód, wartości parametrów: części stożkowej kanału $(P_{\mu S})$, części cylindrycznej kanału $(P_{\mu C})$, części czołowej matrycy (P_{DPP}) oraz w całej komorze roboczej $(P_{\mu K})$. Przeprowadzone zostały również badania wpływu długości odcinka cylindrycznego matrycy $(F_{OP} = f(a))$, długości aglomerowanego złoża $(P_{\mu K} = f(l_T))$ i $(F_{OP} = f(l_T)$ oraz długości krawędzi tnącej matrycy $(P_T = f(b,\alpha))$ i zmiennej wartości promienia odcinka cylindrycznego kanału $(P_T = f(R_{wy},\alpha))$ i $(F_{OP} = f(R_{wy}))$ zarówno na wartości parametrów mocy niezbędnej do pokonania oporów przecinania materiału jak i na wartości sił aglomeracyjnych.

W kolejnej część omawianego rozdziału czwartego zamieszczony został materiał dotyczący przeprowadzonych przez Doktoranta badań, których celem było wyznaczenie rzeczywistych sił oporu jakie występują w procesie aglomeracji CO_2 przy oczywistym założeniu, że zostały wykorzystane w tym eksperymencie analizowane matryce. Autor szczegółowo opisał przebieg i metodykę badawczą ilustrując stanowisko badawcze, algorytm sterowania nim oraz zespół roboczy zagęszczania CO_2 odpowiednimi schematami. Zaprezentował również fotografie zespołów zagęszczającego oraz wtrysku dwutlenku węgla.

Otrzymane rezultaty przeprowadzonych eksperymentów posłużyły Doktorantowi jako materiał porównawczy do weryfikacji dotychczasowych wyników badań.

Podsumowując analizowany rozdział pracy należy podkreślić starannie realizowaną przez Doktoranta przyjętą wcześniej metodykę badawczą. Otrzymane na podstawie opracowanego modelu wyniki badań numerycznych potwierdziły jego prawidłową strukturę i przydatność w analizie rozpatrywanych zagadnień.. Okazało się, że opracowany model umożliwia prowadzenie analizy teoretycznej wpływu wszystkich parametrów geometrycznych

zaproponowanych do badań narzędzi, na wyznaczane wartości sił generowanych w procesach aglomeracji CO_2 i będących zarówno w centrum zainteresowania naukowego jak i inżynierskiego.

Niestety nie mogę się zgodzić z Autorem, iż jak to sformułował na początku omawianego rozdziału, że przeprowadził analizę błędu otrzymanych rezultatów badań. Dzięki bardzo szeroko zakrojonym badaniom analitycznym oraz wyznaczeniu rzeczywistych przebiegów zmian wartości sił działających w cyklu produkcyjnym aglomeracji CO_2, które zostały wykonane z wykorzystaniem urządzeń produkcyjnych, zgromadzono odpowiedni materiał, który mógłby pozwolić dokonać takiej analizy. W pracy nie została ona przeprowadzona. Autor uzyskał jednak w swojej pracy potwierdzenie poprawności i wiarygodności swoich badań teoretycznych poprzez zwykłe porównanie rezultatów badań teoretycznych z wynikami otrzymanymi w eksperymencie, co polegało na wyznaczeniu wartości sił, które zostały otrzymane przy wykorzystaniu urządzeń przemysłowych.

W piątym, przedostatnim rozdziale pracy została przeprowadzona analiza numeryczna aglomeracji suchego lodu z wykorzystaniem MES. W tym celu opracowano odpowiedni model matrycy i zagęszczonego suchego lodu, wyznaczając przy wcześniej przyjętych założeniach, rozkład naprężeń jaki pojawia się w matrycy w procesie roboczym; wyznaczone zostały w funkcji przemieszczenia, również działające na nie siły. W dalszym ciągu, dokonano analizy parametrów geometrycznych określających kształt kanałów formujących przyjmując różne ich parametry. Sformułowano wskaźniki uzależniające wybrane wzajemne zależności geometryczne. Wykonując odpowiednie obliczenia wyznaczono wartości naprężeń, jakie występują w zagęszczanym materiale, w przypadku czterech różnych rodzajów głowic. Finalnym rezultatem tych obliczeń jest wyznaczenie charakterystyk, które ilustrują przebiegi zmian wartości sił działających w analizowanym procesie aglomeracji, w funkcji różnych wskaźników geometrycznych przyjętych do analizy kanałów formujących.

Rezultaty badań jakie zostały zamieszczone w tym rozdziale pracy są bardzo ważne. Potwierdzają one bowiem prawidłowość przeprowadzonych badań analitycznych, które z oczywistymi nieścisłościami wynikającymi z metody badawczej, mogą być zrealizowane w wyniku wykorzystania prostej metody inżynierskiej jaką jest MES.

W ostatnim rozdziale, podsumowując swoje dokonania badawcze prezentowane w opiniowanej pracy, Autor jednoznacznie stwierdza, iż sformułowane na jej początku zadania, zostały w pełni zrealizowane. W pełni potwierdzam to stwierdzenie. Zamieszczone wnioski potwierdzają skuteczność przedsięwziętych przez Autora działań zmierzających do rozwiązania grupy problemów ujętych w temacie pracy. Oprócz realizacji zadania zasadniczego jakim było rozwiązanie problemu naukowego, sformułowane na początku pracy zagadnienia, pozwoliły Autorowi opracować również wskazania inżynierskie. Ich uwzględnianie podczas projektowania omawianego typu urządzeń, może przyczynić się do znacznego przyspieszenia procesu projektowego i poprzez dostarczenie nowych danych i poprzez opracowanie narzędzia umożliwiającego wykonywać obliczenia numeryczne i symulacyjne, wpływać równocześnie na doskonalenie konstrukcji.

Opinię dotyczącą, zamykającego pracę spisu literatury, wyraziłem wcześniej wraz ze sformułowanymi uwagami.

4. UWAGI SZCZEGÓŁOWE

Wszystkie formułowane uwagi zarówno wcześniej wymienione ogólne, jak i szczegółowe dotyczą dostarczonego mi egzemplarza pracy. Po zapoznaniu się z nim, wszystkie zauważone błędy lub usterki zaznaczyłem w tekście i przekazałem Doktorantowi podczas konsultacji

sugerując słowne ustosunkowania się do nich i ewentualne poprawienie tekstu. Dlatego w niniejszej opinii formułuję tylko kilka uwag szczegółowych, które dotyczą całej pracy.

1. Forma opracowania edytorskiego pracy nie jest jednorodna.

W publikacjach z dziedziny nauk technicznych zaleca się stosowanie numeracji cyfrowej wielorzędowej, Przykładowa numeracja powinna mieć następującą strukturę:

1. ….(tytuł rozdziału)
1.1. (tytuł podrozdziału pierwszego rzędu),
.
1.5. (tytuł podrozdziału pierwszego rzędu),
1.5.1. (tytuł podrozdziału drugiego rzędu)
…..

Przy numeracji cyfrowej wielorzędowej po tytule rozdziału np. 1. powinien od razu następować tytuł podrozdziału 1.1. Podobnie, po tytule podrozdziału pierwszego rzędu, powinien wystąpić numer rozdziału rzędu drugiego, a więc po podrozdziale 1.5. pojawić się powinien rozdział 1.5.1. Pomiędzy tytułami rozdziałów nie powinno być żadnych tekstów (nazywanych wiszącymi).

W dostarczonym mi tekście pracy tę zasadę zastosowano tylko w rozdziale 1. W rozdziale 2 zastosowano dwa rodzaje oznaczeń, a w rozdziałach 3, 4, i 5 odstąpiono od tej zasady wpisując tekst po oznaczeniach rozdziału pierwszego rzędu.

2. Praca nie została starannie sprawdzona pod względem edytorskim. W tekście znalazło się wiele potknięć literowych. W wielu przypadkach używa się pojęć, które nie są precyzyjne choć w żargonie inżynierskim są powszechnie spotykane.

3. W spisie ważniejszych oznaczeń zabrakło objaśnień naprężeń, które w tekście pracy występują i są oznaczane symbolem σ. Podobnie umknął Autorowi w tym spisie również symbol $R_{z,}$ określający stan chropowatości powierzchni. Jego objaśnienie powinno się znaleźć w oznaczeniach, ponieważ w związku ze zmianą normy, nie jest jednoznacznie wyjaśniona jego definicja.

4. W pracy nadużywa słowa „stąd”, które często ma zastąpić pełne objaśnienie omawianych zagadnień

5. Poza wieloma szczegółowymi uwagami, które zaznaczyłem w tekście pracy i przekazałem Autorowi chciałbym, aby Doktorant zechciał ustosunkować się do wielokrotnie użytego w pracy i bardzo ważnego pojęcia „moc tarcia”. Czy to ma być nowa, nieznana dotychczas definicja mocy, czy też należy to określenie traktować zupełnie inaczej?.

5. KOŃCOWA OCENA PRACY

Oceniając całość przedstawionej mi do opinii rozprawy należy podkreślić istotną wagę poznawczą, badawczą i techniczną, analizowanych w pracy zagadnień mających na celu przede wszystkim rozwiązanie zadania naukowego, którego wyniki zostały potwierdzone badaniami eksperymentalnymi. Realizacja kolejnych jej etapów potwierdziła poprawność przyjętej metodyki postępowania zmierzającej do osiągnięcia, sformułowanego we wstępie, celu pracy. Na każdym etapie pracy, począwszy od sformułowania jej celu, poprzez przegląd literaturowy, uzasadnienie doboru szeroko rozumianego obiektu badań, sposób ich realizacji oraz interpretacji wyników, Autor wykazał się dobrą znajomością wszystkich zagadnień, z zakresu takich dyscyplin naukowych , jak Inżynieria Materiałowa, Mechanika oraz Budowa i Eksploatacja Maszyn.

Opracowany przez Autora model teoretyczny aglomeracji skrystalizowanego suchego lodu został starannie opracowany, a jego opis matematyczny, obliczenia numeryczne i symulacyjne, zostały zaprezentowane w przejrzystej formie i zweryfikowane obszernymi badaniami eksperymentalnymi.

Biorąc pod uwagę przedstawiony mi do zaopiniowania materiał, oryginalność rozwiązanego w rozprawie zagadnienia naukowego, a tym samym fakt potwierdzenia umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej i badawczej uważam, że przedłożona rozprawa może służyć za podstawę do rozpatrzenia wniosku o nadanie Kandydatowi stopnia doktora nauk technicznych. Wobec spełnienia wszystkich wymogów aktualnie obowiązującej Ustawy o Stopniach i Tytule Naukowym stawiam wniosek o dopuszczenie mgr. inż. Jana Góreckiego do publicznej obrony opiniowanej pracy jako pracy doktorskiej reprezentującej dyscyplinę Budowa i Eksploatacja Maszyn

Niniejszą opinię przedkładam Dziekanowi Wydziału Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej zleceniodawcy powyższej recenzji.

Jerzy Bajkowski