



dr hab. inż. Łukasz Kłapiszewski, prof. PP

WYDZIAŁ TECHNOLOGII CHEMICZNEJ
ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań, tel.: +48 61 665 37 48
e-mail: lukasz.klapiszewski@put.poznan.pl, www.put.poznan.pl

Poznań, 7.11.2024 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgra inż. Łukasza KOTYRBY

zatytułowanej

***Otrzymywanie węglanu propylenu i węglanu dimetylu
na drodze podwójnej pętli mocznikowo-glikolowej***

Podstawa: Uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Śląskiej z dnia 16 października 2024 r. oraz stosowne pismo nr RDICH.512.8.2024 z dnia 16 października 2024 r. Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Śląskiej Pani dr hab. inż. Agaty Jakóbiak-Kolon, prof. PŚ.

Podstawa prawna: zgodność z elementami uwzględnionymi w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Cel i zakres pracy

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgra inż. Łukasza Kotyrby została zrealizowana w Katedrze Technologii Chemicznej Organicznej i Petrochemii Wydziału Chemicznego Politechniki Śląskiej. Pracę wykonano pod kierunkiem Pani prof. dr hab. inż. Anny Chrobok, uznanego autorytetu naukowego w zakresie szeroko rozumianej inżynierii oraz technologii chemicznej organicznej. Rolę promotora pomocniczego powierzono Pani dr inż. Agnieszce Siewniak, zaś opiekuna pomocniczego (ze strony firmy – Łukasiewicz – ICSO „Blachownia”) Panu dr. Markowi Lukoskowi.

Założeniem badań, przeprowadzonych przez Doktoranta, było opracowanie metody otrzymywania węglanu propylenu i węglanu dimetylu na drodze podwójnej pętli mocznikowo-glikolowej. Przyjęta koncepcja prac doświadczalnych przez Autora obejmowała badania nad dwiema reakcjami: (i) syntezą węglanu propylenu (PC) z mocznika i glikolu propylenowego; (ii) otrzymywaniem węglanu dimetylu (DMC) na drodze transestryfikacji węglanu propylenu metanolem.

W ramach badań nad syntezą PC metodą alkoholizy mocznika Pan mgr inż. Łukasz Kotyrba zaplanował testy pod kątem doboru odpowiedniego katalizatora. W tym celu wykorzystał związki

cynku, magnezu, wapnia, cyny oraz glinokrzemiany i syntetyczne katalizatory krzemionkowe. Następnie przeprowadził badania nad wpływem różnych czynników (ilości katalizatora, stosunku molowego substratów, czasu reakcji i temperatury) na przebieg syntezy z wykorzystaniem wybranego we wcześniejszym etapie katalizatora. W dalszej kolejności Autor wykonał testy powtarzalności stosowanej metody syntezy PC i przeprowadził badania nad recyklem katalizatora w celu sprawdzenia możliwości jego nawrotu do kolejnych syntez. Ważnym elementem prac była wykonana próba zwiększenia skali procesu z reaktora o objętości 250 mL na reaktor 1-litrowy i zrealizowany proces oczyszczania węglanu propylenu na drodze destylacji. Doktorant przeprowadził również badania pod kątem kinetyki w celu wyznaczenia równania kinetycznego reakcji.

Z kolei, koncepcja prac nad procesem otrzymywania DMC z PC i metanolu obejmowała w pierwszej kolejności dobór katalizatora do procesu. Badania nad syntezą DMC Doktorant prowadził w obecności cieczy jonowych pełniących rolę katalizatora. Reakcje realizował w reaktorze okresowym zaopatrzonym w chłodnicę zwrotną. Następnie zbadał wpływ kluczowych parametrów (stosunku molowego substratów, czasu reakcji, temperatury i ilości katalizatora) na przebieg procesu w obecności wytypowanej w poprzednim etapie badań cieczy jonowej. Przeprowadzone badania pozwoliły Autorowi na wyznaczenie równania kinetycznego reakcji. Następnie wykonał On testy powtarzalności stosowanej metody syntezy DMC. Pan mgr inż. Łukasz Kotyrbę wykonał również syntezę DMC z zastosowaniem jako surowca węglanu propylenu otrzymanego metodą alkoholizy mocznika. Kolejny etap badań nad syntezą węglanu dimetylu stanowić będzie określenie parametrów oczyszczania DMC oraz możliwości nawrotu nieprzereagowanego PC wraz z katalizatorem do kolejnych cykli reakcyjnych.

Uzyskane dane doświadczalne pozwoliły Panu mgr. inż. Łukaszowi Kotyrbie na przygotowanie założeń do projektu technologicznego syntezy PC i DMC na drodze podwójnej pętli mocznikowo-glikolowej. Doktorant sporządził charakterystykę mediów technologicznych, a także stosowanych surowców oraz otrzymanych produktów i odpadów. Wykonał ponadto bilans masowy oraz uwypuklił zestawienie zużycia surowców i materiałów pomocniczych na 1000 kg produktu. Finalnie, Autor przygotował schemat ideowy i technologiczny oraz sporządził opis procesu wraz z harmonogramem pracy, a także dobrał aparaturę.

Tematyka rozprawy doktorskiej zaproponowana przez Pana mgr. inż. Łukasza Kotyrbę jest istotna zarówno z naukowego, ale przede wszystkim przemysłowego punktu widzenia. Wszystkie zaproponowane, a następnie zrealizowane badania są aktualne i ściśle ze sobą powiązane. Wniosek ten wysuwam na podstawie własnych obserwacji obecnych trendów w obrębie uprawianej przez Doktoranta tematyki badawczej, potwierdzonych danymi prezentowanymi w ogólnodostępnych bazach naukowych.

Ocena układu wraz z oceną merytoryczną rozprawy

Oceniana rozprawa doktorska, zrealizowana w obrębie dyscypliny inżynieria chemiczna, została przedstawiona na 156 stronach maszynopisu w języku polskim. Pełen tytuł osiągnięcia naukowego zdefiniowanego przez Doktoranta brzmi: *Otrzymywanie węglanu propylenu i węglanu dimetylu na drodze podwójnej pętli mocznikowo-glikolowej* (tytuł w języku angielskim: *Producing of propylene carbonate and dimethyl carbonate via a double urea-glycol loop*). Został on sformułowany poprawnie i w pełni odnosi się do prezentowanych w rozprawie wyników badań i całego zawartego w niej materiału badawczego.

Rozprawę doktorską otwiera *Spis treści* (str. 3–6), po którym Autor zamieścił *Wykaz stosowanych skrótów* (str. 7–8). Kolejno, Doktorant uwzględnił: *Wstęp* (str. 9–10) oraz *Część literaturową* (str. 11–37). W tejże części skupił się w szczególności na rozwinięciu tematyki w zakresie: (i) syntezy węglanu propylenu; (ii) metod syntezy węglanu dimetylu; (iii) uzasadnienia doboru metody otrzymywania węglanu propylenu i węglanu dimetylu; (iv) syntezy węglanu propylenu metodą alkoholizy mocznika, a także (v) syntezy węglanu dimetylu na drodze transestryfikacji węglanu propylenu metanolem. Na podstawie przeprowadzonego rozpoznania literaturowego Doktorant wnioskował, że w przypadku syntezy PC z PG i mocznika najlepszymi katalizatorami są tlenki i sole cynku oraz magnezu. W przypadku syntezy DMC metodą transestryfikacji węglanu propylenu metanolem, proces prowadzi się w obecności homogenicznego metanolanu sodu, jednak możliwe jest również, jak wskazał Autor, zastosowanie jako katalizatorów heterogenicznych anionitów czy glinokrzemianów posiadających centra kwasowe Lewisa. Aktywnymi katalizatorami syntezy węglanu dimetylu są również ciecze jonowe.

Według recenzenta Pan mgr inż. Łukasz Kotyrba w ramach przeglądu literatury dokonał rzetelnej analizy dostępnej bibliografii, powołując się na 157 pozycji bibliograficznych, opublikowanych w uznanych czasopismach o cyrkulacji międzynarodowej. Jedynie brakuje tych najnowszych odniesień, z ostatnich 5 lat – czy mogę w tym miejscu prosić Doktoranta o komentarz – dlaczego? Przywołana część pracy stanowi dobrze przygotowany materiał będący wprowadzeniem do części badawczej i należy ją uznać za właściwie skonstruowaną i poprawnie opracowaną.

W kolejnej części dysertacji Pan mgr inż. Łukasz Kotyrba zaprezentował *Cel i zakres pracy* (str. 38–39) oraz *Część doświadczalną* (str. 40–45). W niej uwydatnił: (i) wszystkie wykorzystane katalizatory, w tym katalizatory syntezy węglanu propylenu oraz syntezy węglanu dimetylu; (ii) metodykę otrzymywania węglanu propylenu metodą alkoholizy mocznika; (iii) metodykę otrzymywania węglanu dimetylu metodą transestryfikacji węglanu propylenu metanolem, a także (iv) spis wszystkich odczynników wykorzystanych w trakcie realizacji pracy doktorskiej.

Dalszą część rozprawy doktorskiej stanowi wyszczególnienie użytych metod badawczych i technik pomiarowych (rozdział 5: *Techniki analityczne*; str. 46–58), w tym m.in: analizy ilościowej z zastosowaniem chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią masową (GC-MS), analizy ilościowej wody metodą Karla Fischera, oznaczenia magnezu metodą fluorescencji rentgenowskiej (XRF), analizy struktury porowatej metodą niskotemperaturowej adsorpcji azotu, spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego (^1H i ^{13}C NMR), analizy termogravimetrycznej (TGA), spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR) czy badań gęstości i lepkości kinematycznej.

Najistotniejsze i najbardziej wartościowe dane odnoszące się do pracy doktorskiej Pan mgr inż. Łukasz Kotyrba uwzględnił w rozdziałach 6 – *Omówienie wyników badań* (str. 59–113) oraz 7 – *Technologia produkcji węglanu propylenu* (str. 114–129).

W końcowej części pracy Autor uwzględnił: *Podsumowanie i wnioski* (rozdział 8; str. 130–133); *Ocenę możliwości wdrożenia* popartą listem intencyjnym przedstawiciela BASF Polska (rozdział 9; str. 134 – 136); *Streszczenie* (rozdział 10; str. 137–139); *Abstract* (rozdział 11; str. 140–142) oraz *Wykaz dorobku naukowego* – z podziałem na ten związany z pracą dokorską, jak i pozostały (rozdział 12, str. 143–148), a także *Bibliografię* stanowiącą całościowo 177 pozycji (rozdział 13; str. 149–156).

Podsumowując część dotyczącą oceny układu rozprawy, stwierdzam, że przedstawione przez Autora elementy pracy są poprawnie ułożone i oznaczone, umożliwiając czytelnikowi właściwą orientację oraz przebrnięcie przez materiał badawczy w niej zawarty.

Przechodząc do bardziej dogłębnej analizy merytorycznej ocenianej rozprawy doktorskiej stwierdzam, że najogólniej rzecz ujmując dotyczy ona opracowania metody otrzymywania węglanu propylenu i węglanu dimetylu na drodze podwójnej pętli mocznikowo-glikolowej.

Metoda otrzymywania wyżej przywołanych związków chemicznych jest dwuetapowa. Pierwszy etap syntezy polegał na alkoholizacji mocznika za pomocą glikolu propylenowego, w wyniku której otrzymano węglan propylenu oraz amoniak. Powstający w syntezie amoniak może być zawrócony do procesu otrzymywania mocznika z ditlenku węgla. Węglan propylenu natomiast może stanowić po procesie oczyszczenia gotowy produkt handlowy bądź też substrat w syntezie węglanu dimetylu. Z kolei otrzymywanie węglanu dimetylu polegało na transestryfikacji węglanu propylenu i metanolu. Podczas procesu, obok węglanu dimetylu, powstaje również glikol propylenowy, który może być zawrócony do syntezy węglanu propylenu metodą alkoholizacji mocznika.

W pierwszym etapie prowadzonych badań Doktorant dokonał doboru katalizatora do syntezy węglanu propylenu. Spośród stosowanych katalizatorów cynkowych, magnezowych, wapniowych, cynowych, glinokrzemianowych i krzemionkowych, najwyższą wydajność węglanu propylenu Pan mgr inż. Łukasz Kotyrba uzyskał w obecności zasadowego węglanu cynku (79%) i tlenku cynku

(77%). Katalizatory te były jednak homogeniczne, co utrudniało ich nawrót. Z tego względu do dalszych badań nad syntezą węglanu propylenu wybrał heterogeniczny katalizator $\text{MgO}:\text{SiO}_2$ 4:1, otrzymany metodą zol-żel, który cechował się zadowalającą aktywnością i selektywnością w badanej reakcji. Stosując $\text{MgO}:\text{SiO}_2$ 4:1, wydajność PC wyniosła 68% a produktów ubocznych 4-MOD (4-metylo-1,3-oksazolidyn-2-on) i 5-MOD (5-metylo-1,3-oksazolidyn-2-on) kolejno 5 i 1%.

Ważny etap badań stanowiły także testy związane z wpływem ilości katalizatora, stosunku molowego substratów, czasu i temperatury na przebieg syntezy węglanu propylenu. Doktorant wykazał, że syntezę PC w obecności $\text{MgO}:\text{SiO}_2$ 4:1 (otrzymanego metodą zol-żel) korzystnie jest prowadzić przez 2 godziny w temperaturze 170°C z zastosowaniem 2-krotnego nadmiaru PG względem mocznika i z użyciem 0,3% mas. katalizatora. Wydajność reakcji PC w tych warunkach wyniosła 93%. W ramach badań nad kinetyką procesu otrzymywania PC z mocznika i PG Autor wyznaczył model kinetyczny reakcji oraz zależności stałych szybkości reakcji od temperatury. W dalszej kolejności przeprowadził z powodzeniem próby nawrotu katalizatora i dowiódł, że $\text{MgO}:\text{SiO}_2$ 4:1 utrzymywał aktywność w 7 cyklach reakcyjnych. Co istotne, opracowany sposób otrzymywania węglanu propylenu jest powtarzalny.

Kolejnymi etapami badań prowadzonych w ramach pracy doktorskiej było przeniesienie skali procesu (z reaktora o objętości 250 mL na reaktor 1-litrowy) oraz oczyszczenie węglanu propylenu na drodze destylacji. Doktorant z powodzeniem przeprowadził syntezę PC w większej skali, a uzyskany surowy produkt posłużył do badań nad oczyszczeniem węglanu propylenu metodą destylacji pod obniżonym ciśnieniem. W wyniku destylacji próżniowej mieszaniny poreakcyjnej Autor uzyskał dwie frakcje, z których pierwsza stanowiła mieszaninę glikolu propylenowego i węglanu propylenu, a druga zawierała PC o czystości $>99\%$, która była końcowym produktem procesu. Pierwszą frakcję, zawierającą mieszaninę PG-PC, poddano destylacji pod ciśnieniem atmosferycznym w celu uzyskania oczyszczonego glikolu propylenowego, który można było zawrócić do kolejnej syntezy PC. Próba nawrotu oczyszczonego PG do syntezy pozwoliła na uzyskanie równie wysokiej wydajności reakcji jak w przypadku użycia wyłącznie świeżego glikolu propylenowego. Tym samym Pan mgr inż. Łukasz Kotyrba pozytywnie zweryfikował koncepcję otrzymywania węglanu propylenu metodą alkoholizy mocznika w skali laboratoryjnej. Uzyskane rezultaty badań pozwoliły na określenie założeń do projektu procesowego technologii otrzymywania PC.

W kolejnym kroku Doktorant przystąpił do badań nad syntezą węglanu dimetylu. W pierwszej kolejności przeprowadził test katalizatorów. Wykorzystał w tym celu zasady organiczne 1,8-diazabicyklo[5.4.0]undek-7-enu, 1,1,3,3-tetrametyloguanidyny i 1,5,7-triazabicyklo[4.4.0]dek-5-enu, a także ich sole oraz ciecze jonowe będące solami kwasu siarkowego oraz N,N-dimetyloaminopropyloaminy lub 1-(3-aminopropyl)imidazolu. Wysokie wydajności reakcji

(55-57%) uzyskał, stosując zasady organiczne (DBU, TMG i TBD) a także [DBUH]OFP oraz [HTMG]OFP. Do dalszych badań nad syntezą węglanu dimetylu Pan mgr inż. Łukasz Kotyrba wybrał katalizator [HTMG]OFP.

Istotnych informacji dostarczyły także przeprowadzone przez Doktoranta badania nad wpływem stosunku molowego substratów, temperatury, czasu i ilości katalizatora na przebieg syntezy węglanu dimetylu. Ze względu na fakt, że z jednej strony syntezę DMC prowadzono w reaktorze okresowym, a z drugiej strony badana reakcja jest równowagowa, stosunek molowy substratów miał duży wpływ na wydajność reakcji. Najwyższą wydajność reakcji Autor uzyskał dla stosunku molowego metanol:PC wynoszącego 15:1 (79%). Wydajności reakcji DMC dla początkowego stosunku molowego metanol:PC wynoszącego 5:1 i 2:1 były odpowiednio na poziomie 52-58% i 27-32%. Na podstawie wykonanych badań nad wpływem parametrów na przebieg syntezy DMC, Pan mgr inż. Łukasz Kotyrba zaproponował równanie kinetyczne reakcji i wyznaczył zależności stałych szybkości reakcji od temperatury. W toku dalszych badań wykazał także, że opracowany sposób otrzymywania węglanu dimetylu jest powtarzalny.

Kolejny etap badań to oczyszczenie węglanu dimetylu. Doktorant z użyciem metod destylacyjnych uzyskał węglan dimetylu o czystości >98%. Niestety, przeprowadzony sposób otrzymywania DMC okazał się jednak skomplikowany. Ponadto, podczas procesu oczyszczania powstało dużo odpadowych strumieni. Nie udało się także próba nawrotu katalizatora [HTMG]OFP wraz z nieprzereagowanym PC.

Finalnym efektem pracy było przygotowanie przez Pana mgr inż. Łukasza Kotyrbę koncepcji technologicznej procesu otrzymywania węglanu propylenu metodą alkoholizy mocznika. Założona wydajność instalacji wynosiła 300 ton rocznie węglanu propylenu. Doktorant przygotował poprawny bilans masowy, schematy ideowy i technologiczny oraz opis przebiegu procesu wraz z harmonogramem pracy, a także dokonał specyfikacji aparatów. Wszystkie te elementy są dobrze dopracowane i logicznie zaprezentowane.

Jak możemy przeczytać w rozdziale dotyczącym oceny możliwości wdrożenia projektu doktorskiego Doktorant poprzez realizację pracy doktorskiej miał na celu rozszerzenie oferty badawczej Łukasiewicz – ICSO „Blachownia”. Zatem zaproponowany przez Pana mgr inż. Łukasza Kotyrbę sposób otrzymywania węglanów organicznych charakteryzuje się według mojej oceny innowacyjnością i wpisuje się w zasady tzw. „zielonej chemii”. Ponadto, metoda otrzymywania węglanów organicznych na drodze podwójnej pętli mocznikowo-glikolowej bazuje na stosowaniu tanich surowców (mocznik, alkohole). Z kolei otrzymywane na tej drodze produkty charakteryzują się wysoką wartością dodaną. Między innymi z tych powodów, podobnie, jak zauważa to w treści dysertacji Doktorant, stwierdzam, że zainteresowanie tą metodą będzie rosło. Na szczególną uwagę

zasługuje w tym miejscu fakt, że firma BASF wystosowała list intencyjny wyrażający zainteresowanie dalszym rozwojem opracowanej technologii, którego treść stanowi przedmiotowa praca doktorska.

Podsumowując wartość merytoryczną ocenianej rozprawy doktorskiej, powstałej w ramach postępowania o nadanie stopnia naukowego doktora przez Pana mgr inż. Łukasza Kotyrbę stwierdzam, że cele/koncepcje są właściwie opracowane, a zrealizowane przez Doktoranta badania w pełni potwierdzają, że zostały one osiągnięte.

W tym miejscu pozwolę sobie jedynie przywołać najistotniejsze mankamenty ocenianej pracy lub drobne pytania/komentarze, które w żaden sposób nie umniejszają wartości merytorycznej prezentowanych rezultatów oraz mojej pozytywnej oceny całej rozprawy:

- dysertacja doktorska zawiera pewną ilość błędów edytorskich i stylistycznych (brak znaków interpunkcyjnych, literówki, podwójne spacje, *etc.*), których nie będę w tym miejscu szczegółowo przytaczał;
- w języku polskim podpisy rysunków, wykresów i tabel nie powinny kończyć się znakiem interpunkcyjnym;
- chciałbym zasugerować, aby w przyszłości przed właściwym określeniem celu badawczego w jakiegokolwiek pracy naukowej Doktorant pomyślał nad hipotezą badawczą – myślę, że to ułatwia dalsze, merytoryczne precyzowanie celu badawczego i określenie zakresu działań w obrębie realizowanego tematu. Jest to oczywiście tylko drobna sugestia, którą myślę, że warto wziąć pod uwagę w przyszłości;
- uważam, za niepotrzebne wyszczególnienie osobnego rozdziału 5 pt. *Techniki analityczne*. Powinien on raczej stanowić integralną część rozdziału 4, tj. *Część doświadczalna*;
- czy podczas prowadzonych prac badawczych posługiwał się Pan metodą planowania eksperymentów (ang. *Design of Experiments*), która w sposób systematyczny i strukturalny pozwoliłaby na zrozumienie relacji przyczynowo-skutkowej w realizowanych procesach?
- nie podlega wątpliwości, że tematyka dysertacji doktorskiej jest bardzo interesująca, zarówno z naukowego, ale nade wszystko praktycznego punktu widzenia, czy mogę jednak prosić Pana o wskazanie najważniejszego osiągnięcia naukowego? Który etap prac, według Pana, był kluczowy i dlaczego?
- czy może Pan wskazać konkretne obszary działań w obrębie uprawianej tematyki badawczej, które można by rozwijać w kolejnych pracach w pierwszej kolejności i dlaczego?

Wypunktowane powyżej pytania czy komentarze są symboliczne i wynikają głównie z ciekawości recenzenta.

Ocena całego dorobku naukowego

Na koniec, chciałbym pokrótce podsumować dotychczasową aktywność naukowo-wdrożeniową Pana mgr inż. Łukasza Kotyrby. Podzielę ją na dwie części – związaną z dysertacją doktorską oraz pozostałą.

W wyniku przeprowadzonych badań powiązanych z rozprawą doktorską powstały trzy publikacje naukowe (*Przemysł Chemiczny* – 2 sztuki oraz *Catalysts* – 1 sztuka). Artykuły te zostały opublikowane w latach 2022-2023 i we wszystkich tych pracach Doktorant jest pierwszym autorem. Ponadto, w ramach tematyki rozwijanej w rozprawie powstało zgłoszenie patentowe nt. *Sposób otrzymywania węglanu propylenu* (zgłoszenie patentowe nr P.449839 z dnia 16.09.2024 r.), co potwierdza użyteczny charakter realizowanych badań. Doktorant zaprezentował także wyniki swoich badań w formie dwóch plakatów na konferencjach krajowych.

Jeśli chodzi o pozostały dorobek to Doktorant jest współautorem pięciu innych publikacji naukowych opublikowanych w latach 2017-2021 (*Przemysł Chemiczny* – 4 sztuki oraz *Catalysis Letters* – 1 sztuka). Ponadto, jest współtwórcą 12 przyznanych patentów oraz 2 kolejnych zgłoszeń patentowych. Ten element działalności Pana mgr inż. Łukasza Kotyrby zasługuje na słowa wyróżnienia.

W pozostałym dorobku Doktoranta, nie związanym z rozprawą doktorską, można także odnaleźć współautorstwo w 2 prezentacjach posterowych na konferencji krajowej, uczestnictwo w 4 projektach badawczych finansowanych w ramach subwencji przez MNiSW, udział w 2 innych projektach ((i) *Technologia otrzymywania bioglikolu propylenowego o jakości farmaceutycznej*; numer umowy o finansowanie: POIR.01.02.00-00-0041/17 oraz (ii) *Technologia wytwarzania nowej generacji biokomponentów paliw lotniczych na drodze procesów wodorowych*; numer umowy o finansowanie: LIDER/33/0171/L-12/20/NCBR/2021). Rozpatrując inne osiągnięcia Doktoranta można przytoczyć: Stypendium Rektora dla najlepszych studentów otrzymywane w okresach: 1.10.2012-28.02.2013; 1.03.2015-30.09.2015 oraz 10.2015-29.02.2016, jak również grant za publikację pt. *Synthesis of Propylene Carbonate by Urea Alcoholysis – Recent Advances* wydaną w czasopiśmie *Catalysts* w ramach programu Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza, czerwiec 2022 r.

Całokształt dorobku naukowego Pana mgr inż. Łukasza Kotyrby oceniam pozytywnie.

Wniosek końcowy

Podsumowując, chciałbym zaznaczyć wkład Pana mgr inż. Łukasza Kotyrby w rozwój uprawianej dyscypliny naukowej, w szczególności w zakresie działań dotyczących opracowanie metody otrzymywania węglanu propylenu i węglanu dimetylu na drodze podwójnej pętli mocznikowo-glikolowej. Sposób zaplanowania eksperymentów, zrealizowania badań, jak i forma przedstawienia

wyników świadczą o kompetencjach naukowo-badawczych Doktoranta i są dowodem Jego bardzo dobrego poziomu przygotowania do prowadzenia badań naukowych oraz pracy w przemyśle.

Na podstawie oceny rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Łukasza Kotyrby zatytułowanej *Otrzymywanie węgla propyleny i węgla dimetylu na drodze podwójnej pętli mocznikowo-glikolowej* stwierdzam, że recenzowana praca spełnia wszystkie wymagania formalne i zwyczajowe w świetle istniejącego prawa.

Wnioskuje zatem do Wysokiej Rady Dyscypliny Inżynierii Chemicznej Politechniki Śląskiej, o przyjęcie pracy i przeprowadzenie dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Podpisano odręcznie przez autora