

OCENA

pracy doktorskiej pt. „Badania nad zastosowaniem półki katalitycznej w procesach wymiany masy” wykonanej przez mgra inż. Maksymiliana Gądka.

Łączne prowadzenie kilku operacji jednostkowych w jednym aparacie prowadzi często do osiągnięcia znacznie lepszych efektów zarówno technologicznych jak i ekonomicznych, niż podczas przeprowadzania tych operacji w oddzielnych aparatach. Rozwiązania tego typu, zwane często hybrydowymi, są od pewnego czasu przedmiotem dużego zainteresowania zarówno badaczy jak i inżynierów – projektantów. Jednym z przykładów procesu hybrydowego jest destylacja (rektyfikacja) reaktywna. W procesie tym, w jednej kolumnie zachodzi zarówno reakcja chemiczna, najczęściej katalityczna jak i destylacyjny rozdział produktów reakcji. Aparaturowo rozwiązuje się ten proces zazwyczaj w ten sposób, że na części półek kolumny rektyfikacyjnej umieszcza się, w odpowiedni sposób, katalizator.

Podczas projektowania klasycznej półkowej kolumny rektyfikacyjnej dąży się do zapewnienia na półce takich warunków kontaktu faz aby uzyskać na niej możliwie duży efekt rozdziału przy stabilnej pracy i niezbyt dużych oporach przepływu. W przypadku rektyfikacji reaktywnej, półkę należy tak zaprojektować aby panujące na niej warunki przepływowe obu faz umożliwiły również uzyskanie oczekiwanego efektu reakcji chemicznej. Połączenie tych wymogów jest zagadnieniem trudnym i mimo wielu prac, jeszcze słabo poznanym.

W tym świetle podjęcie przez mgra inż. Maksymiliana Gądka badań nad hydrauliką i wymianą masy na hybrydowej półce katalitycznej, należy uznać za ze wszech miar uzasadnione i to zarówno ze względów poznawczych jak i praktycznych. I tu pojawia się moja pierwsza uwaga dotycząca tematu rozprawy; sądzę, że podkreślenie w tytule badań nad hydrauliką i wymianą masy, lepiej oddawałoby treść pracy.

Już na pierwszej stronie rozprawy (punkt 1.1) Autor formułuje przedmiot i cel pracy i pisze: „Przedmiotem pracy jest innowacyjne rozwiązanie półki kolumnowej w postaci klasycznej wysokosprawnej półki sitowej, zmodyfikowanej przez zastosowanie konstrukcji specyficznej struktury kratowej, moderującej przepływ cieczy. Kształtowanie kierunku przepływu cieczy odbywa się dzięki specyficznym komórkom, wyposażonym w heterogeniczne wkłady, katalizujące przebieg reakcji chemicznej z jednoczesnym destylacyjnym rozdziałem produktów. Celem pracy jest opracowanie obliczeniowego modelu



sprawności procesowej nowego rozwiązania w postaci hybrydowej półki katalitycznej (HPK), której potencjał aplikacyjny upatruje się w procesach jednoczesnej wymiany masy z reakcją chemiczną a szczególnie w obszarze destylacji reaktywnej”. Nie mam zastrzeżeń co do przedmiotu, celu i zakresu pracy, radzę jednak Doktorantowi aby w przyszłości popracował nad swoim „specyficznym” stylem pisanania.

Po krótkim wprowadzeniu w rozdziale 1, mgr inż. Maksymilian Gądek przechodzi do opisu procedury projektowania destylacji reaktywnej, poświęcając temu obszerny, bo liczący 30 stron, rozdział 2. Podano w nim wiele ciekawych i istotnych informacji, choć niektóre nie będą wykorzystane w dalszej części pracy. Żałuję, że Doktorant niezbyt wyraźnie rozróżnił w tym rozdziale, które fragmenty są wynikiem Jego własnych przemyśleń (np. punkt 2.6). Brak mi również wniosków kończących rozdział 2, które uzasadniałyby dalsze badania.

Swoje eksperymenty mgr inż. Maksymilian Gądek opisuje w rozdziałach 3,4 i 5. W rozdziale 3, niezbyt trafnie zatytułowanym „Badania nad zastosowaniem hybrydowej półki katalitycznej w układzie absorpcyjnym” opisano szczegółowo stanowisko badawcze i przedstawiono zakres badań zarówno hydrauliki jak i wymiany masy.

Rozdział 4 poświęcono badaniom hydrauliki. Zawarto w nim pewne niezbędne informacje literaturowe i wytypowano parametry wpływające na wielkość oporów przepływu (12 parametrów). Następnie, stosując analizę wymiarową, zaproponowano ogólną postać funkcji (r. 4.19) uzależniając opory przepływu (liczba Eulera) od 9 modułów bezwymiarowych. W wyniku rozważań i starannie przeprowadzonych pomiarów, do obliczania oporów przepływu zaproponowano równanie (4.50), (w którym chyba znalazł się drobny błąd korektorski). Uzyskane równanie Autor poddaje analizie i formułuje odpowiednie wnioski. Uważam, że w rozdziale tym znalazło się trochę powtórzeń i zbędnych informacji, a zabrakło innych, moim zdaniem istotnych, np. danych o dokładności przyrządów i pomiarów poszczególnych wielkości.

Rozdział 5 ma podobną strukturę jak rozdział 4. Wielkość powierzchni międzyfazowej mgr inż. Maksymilian Gądek uzależnia (r. 5.20) od tych samych parametrów co i opory przepływu. Zależność (5.20) różni się (4.16) tylko brakiem przyspieszenia ziemskiego g , co należałoby uzasadnić. Badania intensywności wnikania masy przeprowadzono na modelowym układzie, używając jako gazu mieszaniny CO_2 – powietrze, a jako cieczy roztworu NaOH. Przyjęty układ pozwolił na pominięcie oporu wnikania po stronie cieczy. Po analizie wpływu poszczególnych parametrów, wprowadzeniu liczby Stanton'a i wykorzystaniu wyników badań, Doktorant proponuje ostatecznie równanie (5.64), które poddaje analizie i formułuje wnioski. I w tym rozdziale dostrzegam pewne zbędne fragmenty

(np. „wyprowadzenie” r. (5.18)) i powtórzenia, a także braki jak np. wyraźnego uzasadnienia na ile przeprowadzone badania na układzie modelowym odpowiadają zjawiskom zachodzącym na hybrydowej półce katalitycznej.

W rozdziale 6 pt. „Aplikacja modelu HPK w programie Chemcad 6” Doktorant przedstawia możliwość wykorzystania rezultatów przeprowadzonych badań przy projektowaniu kolumn do rektyfikacji reaktywnej. Również w tym rozdziale, ciekawym i ważnym, trudno jest zorientować się, które jego części są oryginalnymi rozważaniami Autora.

W 7 rozdziale rozprawy, zatytułowanym „Destylacja reaktywna w produkcji octanu n-butyłu” przedstawiono możliwość zastąpienia tradycyjnego układu technologicznego, nowym, z zastosowaniem kolumny reaktywnej oraz podano efekty proponowanej zmiany.

W punkcie 7.3 zajęto się doбором kształtu pojemników katalizatora, opisano wykonane w tym celu badania oraz podano ich wyniki.

Rozprawę kończy krótkie podsumowanie (rozdział 8), w którym podano, że proponowane w pracy rozwiązanie jest przedmiotem wdrożenia w zakładzie Solvent-Wistol SA w Oświęcimiu, a także zgłoszenia patentowego, którego autorami są Doktorant i Promotor prof. dr hab. Jan Hehlmann. Warta odnotowania jest też informacja, że na dalsze badania nad kolumnami z półkami reaktywnymi uzyskano finansowanie z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Podczas lektury pracy nasunęło mi się szereg uwag. Część z nich podałem omawiając poszczególne rozdziały, a oto kilka dalszych:

1. Autor wymiennie używa różnych terminów do określania tych samych wielkości i pojęć np. ilość-strumień-natężenie przepływu, lotność względna-współczynnik lotności względnej, sprawność procesowa-efektywność procesowa-skuteczność procesowa, czynnik przepływu-czynnik przepływowy-F faktor itd.
2. Stosowane są nieprecyzyjne, czasem pochodzące z żargonu inżynierskiego określenia np.: zapotrzebowanie na ilość katalizatora, pierścienie Raschiga posiadają wyższy współczynnik przenikania masy, itp.
3. Wiele informacji podanych w pracy jest zbędnych np. co wnoszą punkt 4.3.2, rys 4.4 a i b, rys 4.3, równanie (4.27) ? itd. Również dostrzegłem zbędne powtórzenie np. na str 77 powtórzono informacje ze str. 74. Zbędne są rozważania na str. 79. Gdzie wykorzystano r. 5.2 ?
4. Doktorant dwukrotnie poddaje analizie wymiarowej zależności zawierające po kilkanaście wielkości. Przy zastosowaniu 3 wymiarów musi się otrzymać zależność

opisaną dziesięcioma lub więcej modułami bezwymiarowymi i w wielu z nich muszą wystąpić te same wielkości. Np. w zależności 4.19 liczbę Eu zawierającą prędkość w potędze 2 uzależniono od 9 modułów, przy czym w 6 z nich pojawiła się prędkość gazu. Autor, łącząc niektóre moduły, stara się zredukować ich liczbę, a biorąc pod uwagę zakres i wyniki eksperymentów proponuje jako ostateczne równanie 4.50, w którym w_g i tak występuje czterokrotnie. W tej sytuacji analiza wpływu poszczególnych modułów jest wątpliwa np. liczby We , zwłaszcza, że nie zmieniano napięcia powierzchniowego. Doktorant pisze również o dużym wpływie simpleksu $\frac{w_s}{w_{g0}}$, bo w potędze -2,528, ale w_{g0} występuje również w liczbie We . Sądzę, że lepiej byłoby przeanalizować bezpośrednio wpływy poszczególnych wielkości np. w_g wpływa na ΔP w potędze takiej a takiej itd. Myślę, że po takiej analizie ocena uzyskanych zależności mogłaby wypaść inaczej.

5. Na rys. 4.9 porównując Eu_{obl} z Eu_{zm} nie oznaczono wartości na liniach przerywanych oznaczających rozrzut punktów, a jest on dość znaczny. Np. dla $Eu_{obl} = 4000 Eu_{zm}$ wypada w zakresie 3000-4500
6. Szereg uwag dotyczących dostrzeżonych usterek redakcyjnych i korektorskich przekazałem bezpośrednio Doktorantowi.

Powyższe, a także wcześniejsze, uwagi nie wpływają na moją pozytywną ocenę ogólną recenzowanej pracy. Główną jej wartość widzę w przeprowadzeniu dobrze zaplanowanych i konsekwentnie przeprowadzonych eksperymentów, mających na celu poznanie i opis warunków działania półki sitowej z zabudowanym na niej katalizatorem, proponowanej dla kolumn do rektyfikacji reaktywnej.

Uważam, że mgr inż. Maksymilian Gądek w swej pracy doktorskiej pt. „Badania nad zastosowaniem półki katalitycznej w procesach wymiany masy” mimo moich zastrzeżeń odnośnie do tytułu, zrealizował podstawowe, postawione sobie cele i zaproponował równania do obliczania, w określonych warunkach, oporów przepływu na półce i intensywności wnikania masy.

Rozpatrując przedłożoną mi do oceny pracę doktorską mgra inż. Maksymiliana Gądka stwierdzam, że Autor wykazał się dobrą znajomością wiedzy w zakresie badań hydrauliki i wymiany masy w aparatach kolumnowych i jest przygotowany do prowadzenia badań w tej dziedzinie. Wykonana przez mgra inż. Maksymiliana Gądka praca pt. „Badania nad zastosowaniem półki katalitycznej w procesach wymiany masy” jest pracą samodzielną, wnosi oryginalny wkład w poznanie procesów zachodzących na półkach przeznaczonych dla

kolumn do rektyfikacji reaktywnej, a uzyskane wyniki mogą być wykorzystane w dalszych badaniach, a także w praktyce inżynierskiej. Świadczy o tym wdrożenie przemysłowe proponowanej półki i zgłoszenie patentowe jej konstrukcji. Tak więc z przekonaniem mogę stwierdzić, że praca mgr inż. Maksymiliana Gądka spełnia ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim i w związku z tym stawiam wniosek o dopuszczenie mgr inż. Maksymiliana Gądka do publicznej obrony swej pracy.



[Handwritten signature]