

Piotr BALCERZAK<sup>1</sup>, Adam MROZIŃSKI<sup>2</sup>

e-mail: piotr.balcerzak@pepsico.com

<sup>1</sup> PEPSI COLA GB POLAND Sp. z o.o. w Żninie, Koło Naukowe Studentów TOPGRAN<sup>2</sup> Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

## Stanowisko do badań dozowania materiałów ciekłych

### Wstęp

Szybki rozwój technologii powoduje, że na rynku pojawiają się wieloskładnikowe produkty, których wytworzenie wymaga realizacji wielu procesów produkcyjnych. Jednym z nich jest dozowanie. Jest to proces, w wyniku którego za pomocą odpowiednich urządzeń odmierzana jest odpowiednia ilość substancji przekazywanej do kolejnego etapu produkcji [1, 2].

Dozowanie substancji ciekłych odbywa się za pomocą pomp dozujących, które w rzeczywistości są pompami waporowymi o regulowanej wydajności. Rozwój przemysłu, jaki ma miejsce w ostatnich latach, spowodował również rozwój technik dozowania substancji ciekłych. Wiąże się to z doskonaleniem środków dozowanych i doskonaleniem konstrukcji urządzeń. Konstruktorzy maszyn i urządzeń oraz użytkownicy słusznie uważają pompę dozującą za element konstrukcyjny często decydujący o trwałości i niezawodności całej instalacji [5, 6].

Rozwój pomp dozujących związany jest z coraz większą świadomością ludzi dotyczącą optymalizacji zużycia mediów oraz ochrony środowiska naturalnego. Wiąże się to z projektowaniem coraz bardziej precyzyjnych układów dozujących mogących dozować skondensowane środki chemiczne. Innym ważnym aspektem w rozwoju pomp dozujących jest niezwykle szybko rozwijająca się gospodarka materiałowa, szczególnie jeśli chodzi o tworzywa sztuczne. Nowoczesne materiały charakteryzują się coraz większą odpornością chemiczną oraz wytrzymałością mechaniczną. Pozwala to projektować pompy, które mogą dozować dużą grupę środków chemicznych [4, 6].

Celem pracy jest przybliżenie technik pomiarowych stosowanych w procesie pomiarowo – badawczym, m.in. na kierunku studiów: mechanika, budowa maszyn, specjalność: maszyny i urządzenia przemysłu chemicznego i spożywczego.

### Problem badawczy

Zagadnienie badawcze sformułowano w postaci pytania: Jakie parametry, cechy i właściwości powinna posiadać pompa dozująca oraz jakie parametry technologiczno-konstrukcyjne urządzeń dozujących są niezbędne dla postulowanej jakości i efektywności realizacji procesu dozowania substancji ciekłych na stanowisku dydaktyczno-badawczym?

Na podstawie danych literaturowych oraz wstępnej analizy i oceny stanu, postawiono hipotezę, że uzyskanie optymalnych parametrów procesu dozowania cieczy możliwe jest w pewnym przedziale wartości parametrów technicznych urządzenia dozującego oraz właściwości i postaci środka. Przekroczenie wartości parametrów z tego przedziału, zmiana postaci lub składowych spowoduje pogorszenie jakości procesu dozowania, wywołując np. zaburzenia natężenia przepływu [2, 4, 5].

### Opis stanowiska badawczego

Specjalnie zaprojektowane i wykonane na Wydziale Inżynierii Mechanicznej UTP w Bydgoszczy stanowisko dydaktyczno-badawcze przeznaczone jest do przeprowadzania badań pomp typu YC T/T RS, z typoszeregu S1, S2, S3, S4, S5. Konstrukcja stanowiska pozwala na sprawdzenie:

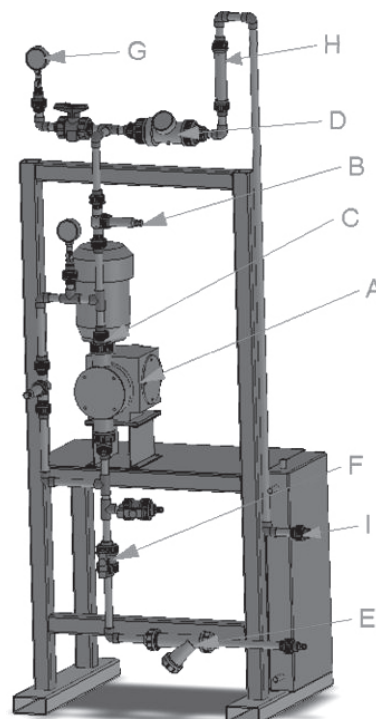
- wydajności pompy (przy ustalonych warunkach badań, tzn. odpowiednio ustawionych zaworach: zwrotnym i przelewowym, napełnionym pulsatorze),

- poprawności działania mechanizmu (jak np. nagrzewania się skrzynki mechanizmu, szczelności oraz odpowiedniej głośność pracy - max. 85 decybeli),

- wytrzymałości membrany (w badaniach długotrwałych do 1 roku pracy, określających właściwości mechaniczne membrany).

Układ roboczy (Rys. 1) jest zamontowany na kwasoodpornej konstrukcji wsporczej, umożliwiającej zmienne umiejscowienie instalacji w celach badawczych. Składa się z następujących elementów połączonych za pomocą szybkozłączy śrubowych:

- Pompa dozująca – typ YC T/PVC;
- Zawór przelewowy – typ ZPS-J 6 (P<sub>max.</sub> – 1,0 [MPa]; maks. wydajność – 75 [l·h<sup>-1</sup>]);
- Zawór zwrotny – typ ZPS-J 10 (P<sub>max.</sub> – 1,0 [MPa]; maks. wydajność – 200 [l·h<sup>-1</sup>]);
- Tłumik pulsacji – typ PDS 80 (objętość impulsu – 15 [ml/impuls]; ciśnienie maks. pracy – 1,0 [MPa]);
- Filtr – DN 15;
- Zawór kulowy – DN 10;
- Manometr K.O. – 0–1 [MPa];
- Rotametr – 0–50 [l·h<sup>-1</sup>];
- Szybkozłącze śrubowe – pod wąż DN 12,5.



Rys. 1. Stanowisko badawcze

Badania wykonano na zmodernizowanym stanowisku, gdzie mierzono wpływ oporów przepływu na wydajność pompy dozującej. Medium badanym była woda o temperaturze 15°C, a temperatura otoczenia wynosiła 19°C. Badania przeprowadzono dla następujących zmiennych:

- ciśnienie tłoczenia: 2; 3; 4; 5 bar,
- regulacja wydajności pompy: 100; 90; 80; 70; 60 na podziałce,
- przeciwcisnienie pulsatora – 60% ciśnienia tłoczenia.

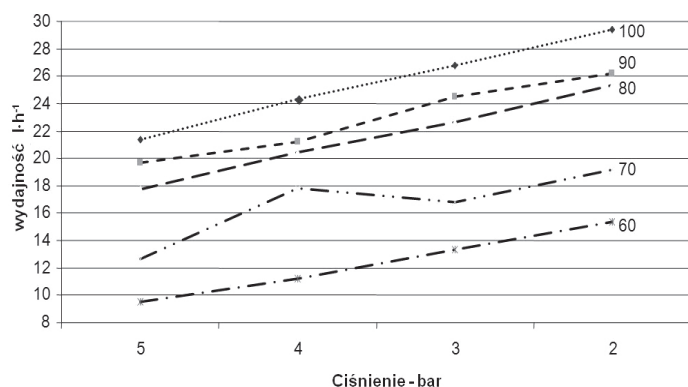
## Dyskusja uwarunkowań pomiarowych

Na rys. 2 pokazano jak wartość ciśnienia po stronie tłocznej wpływała na wydajność badanej pompy dozującej.

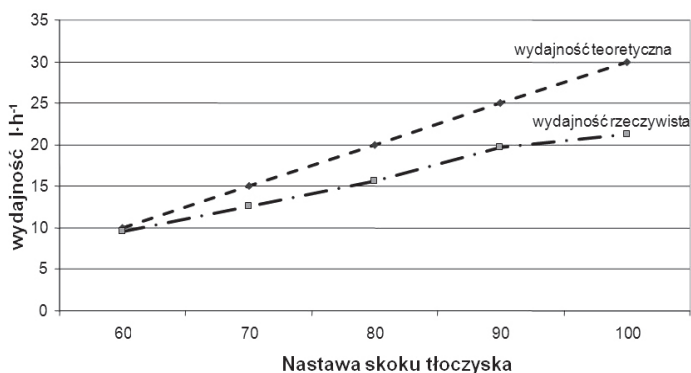
Wg danych z dokumentacji techniczno-ruchowej maksymalna wydajność pompy dozującej wynosiła  $30 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$  (j). Jednak osiągnięcie tej wartości jest możliwe tylko w przypadku braku oporów przepływu. Warunki te można uzyskać projektując instalację tak, aby pompa dozująca tłoczyła substancję do instalacji bezcisnieniowej oraz z bardzo krótkim odcinkiem tłocznym. Takie instalacje zdarzają się w praktyce rzadko.

Najczęściej dozowanie substancji ciekłych odbywa się do instalacji lub zbiorników, gdzie panuje nadciśnienie. Wówczas należy uwzględnić opory przepływu wynikające z długości instalacji oraz wartości ciśnienia w instalacji. Podczas przeprowadzonych badań największa uzyskana wydajność wyniosła  $29,39 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ . Uzyskano ją przy nastawie maksymalnej wydajności oraz przy przeciwcisnieniu wynoszącym 2 bar. Zwiększając stopniowo wartość ciśnienia po stronie tłocznej zaobserwowano spadek przepływu wody do wartości  $(21\text{--}33) \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$  w przypadku ciśnienia po stronie tłocznej wynoszącego 5 bar. Otrzymane wartości pokazują duże różnice w wydajności pompy dozującej, co w przypadku dokładności dozowania jest bardzo istotnym wskaźnikiem.

Porównanie wykresów z rys. 2 i 3 pokazuje zmianę wydajności pompy dozującej w zależności od nastawy skoku tłoczyska. Teoretyczna wydajność zmienia się liniowo wraz ze wzrostem nastawy długości skoku. Wydajność rzeczywista jest mniejsza od teoretycznej. Im większa wartość ciśnienia po stronie tłocznej, tym większa różnica między wydajnością teoretyczną i rzeczywistą. Różnica ta w warunkach ciśnienia po stronie tłocznej wynoszącego 5 bar osiągnęła wartość niemal 27%.



Rys. 2. Wpływ ciśnienia tłoczenia na wydajność badanej pompy: 60, 70, 80, 90 i 100%



Rys. 3. Charakterystyka pompy dozującej

## Podsumowanie

Rozwój przemysłu pociąga za sobą rozwój asortymentu środków dozujących, metod ich badań oraz różnych urządzeń pomocniczych, doskonalących technikę dozowania. Powstała w ten sposób dziedzina

techniki posługuje się specyficznymi metodami badań i własną terminologią. W wielu przypadkach obserwuje się trudności w porozumiewaniu się mechaników, użytkowników maszyn i środków transportu, technologów w przemyśle oraz specjalistów z zakresu środków dozujących. Związane jest to z dużą różnorodnością substancji dozowanych i innych cieczy roboczych.

Ponieważ konstrukcje maszyn są coraz bardziej zaawansowane technologicznie rośnie znaczenie właściwego doboru środków dozujących oraz technik dozowania. Wybór techniki dozowania odpowiedniej dla danej instalacji, w szczególności w przemyśle spożywczym, ma zasadniczy wpływ na prawidłową pracę maszyn i urządzeń, gdyż jak pokazują statystyki, jej poprawna praca ma ogromny wpływ na bezpieczeństwo produktu. Optymalne dozowanie powinno zapewnić prowadzenie produkcji w sposób spełniający wszystkie kryteria bezpieczeństwa produktu spożywczego.

Przedstawiona praca jest fragmentem szerszych badań, które były próbą oceny konstrukcji i możliwości zastosowania pomp przepływowych jako dozowników objętościowych w przemyśle spożywczym i chemicznym. Analizowane membranowe pompy dozujące są pompami typu wyporowego, jednostronnego działania, umożliwiającymi regulację wydajności poprzez zmianę długości skoku tłoczyska. Parametrami charakteryzującymi te pompy są: wydajność  $Q$  – wyrażana w litrach na godzinę, przeciwcisnienie  $p$  – wyrażane w barach, oraz skok popychacza w milimetrach.

Na podstawie wyników badań stwierdzono prawie liniową zależność między wzrostem oporów przepływu a wydajnością pompy dozującej. Wraz ze wzrostem ciśnienia tłoczenia maleje ilość dozowanej cieczy. Zależność ta jest niezwykle istotna szczególnie w instalacjach, w których środek dozowany jest do rurociągów znajdujących się pod dużym ciśnieniem. Możliwe są wówczas zmiany ciśnienia w rurociągach, a tym samym dokładność dozowania ulega powiększeniu.

## Wnioski

Z badań dozowania substancji ciekłych w przemyśle spożywczym należy wynikać, że najkorzystniej jest zastosować pompy dozujące o zmiennej wydajności. Niezmiernie ważne jest również dobranie odpowiednich materiałów, z których wykonana jest pompa. Kompletnie systemy dozowania pozwalają niemal całkowicie wyeliminować zagrożenia wynikające z niewłaściwej ilości dozowanych środków.

Analiza wyników przeprowadzonych badań pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

- dobór pompy dla określonego procesu technologicznego musi być oparty na dokładnym ustaleniu warunków pracy (ponieważ błędne określenie jakiegokolwiek z parametrów pracy poważnie wpływa na dokładność dozowania),
- rodzaj materiału elementów roboczych jest ściśle powiązany z właściwościami fizyko-chemicznymi dozowanych środków,
- praca pomp dozujących (w przeciwieństwie do innych typów pomp np. wirowych) powinna być wspomagana przez inne elementy instalacji typu: tłumik pulsacji, zawór zwrotny, przeciążeniowy lub osadnik,
- pompy dozujące należą do najbardziej precyzyjnych urządzeń spotykanych w inżynierii dozowania.

## LITERATURA

- [1] Lewicki P.: Inżynieria procesowa i aparaturowa przemysłu spożywczego. WNT, Warszawa 2005.
- [2] Praca zbiorowa pod redakcją Józefa Flizikowskiego.: Maszyny środowiska rolno- spożywczego i chemicznego. ATR Bydgoszcz 2001.
- [3] Orzechowski Z., Prywer J., Zarzycki R.: Mechanika płynów w inżynierii środowiska. Warszawa, 2001, WNT.
- [4] Błasiński H., Młodziński B.: Aparatura przemysłu chemicznego. WNT Warszawa 1983.
- [5] Balcerzak P.: Modernizacja stanowiska dydaktycznego do badania pompy membranowej. Praca magisterska. UTP-WIM Bydgoszcz 2011.
- [6] Materiały promocyjne firm: Fapo, GF, Prominent, Diversey, Ecolab.