

st. asp. **Krzysztof SIWNICKI**<sup>1</sup>

Dowódca zmiany JRG 2, Katowice - Piotrowice

dr **Tomasz WĘSIERSKI**<sup>2</sup>

Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa

## **PROBLEMY UŻYTKOWANIA PODSTAWOWYCH POMP UŻYTKOWANYCH W RATOWNICTWIE CHEMICZNYM**

### **The basic problems of pumps used in chemical rescue**

#### **Streszczenie**

Niewłaściwe użytkowanie pompy podczas przepompowywania, tłoczenia, zbierania substancji niebezpiecznej może doprowadzić do jej niekontrolowanego uwolnienia oraz stworzenia zagrożenia toksykologicznego, palnego lub też wybuchowego w zależności od medium poddanemu procesowi. Szczególnie niebezpiecznym aspektem jest stworzenie stanu nagłego przejścia fazowego cieczy w parę na skutek wytworzenia zbyt dużej wartości podciśnienia. Niniejszy artykuł pokrótce definiuje problemy jakie mogą wynikać podczas użytkowania pomp standardowo wykorzystywanych podczas zdarzeń z udziałem substancji niebezpiecznych.

#### **Summary**

Improper use of the chemical pump during the pumping, pressing, picking up of hazardous substances can lead to the uncontrolled release, and the creation of toxicological, flammable or explosive danger, depending on the medium subjected to the process. A particularly dangerous is possibility of a sudden phase conversion of liquid to steam as a result of a too high value of underpressure. This article briefly defines the problems that may arise when in time of using chemical pumps during events involving hazardous substances.

**Słowa kluczowe:** Pompy chemiczne, awarie pomp, ratownictwo chemiczne, uwolnienie się substancji niebezpiecznych;

**Keywords:** Chemical pumps, pump failure, chemical rescue, release of hazardous materials;

Pompy chemiczne w zależności od ich przeznaczenia i armatury uzupełniającej możemy wykorzystać zarówno do pompowania cieczy palnych, agresywnych chemicznie (żrących) jak i zanieczyszczonej wody czy też w celu wytwarzania warunków podciśnienia

---

<sup>1</sup> Wkład merytoryczny w powstanie artykułu – 50%

<sup>2</sup> Wkład merytoryczny w powstanie artykułu – 50%

lub nadciśnienia. Warunki wykorzystania pompy w układzie wytwarzania podciśnienia (wraz ze zbiornikiem podciśnieniowym)/nadciśnienia są najbardziej optymalne ze względu na brak bezpośredniego kontaktu medium z pompą. W zależności od budowy pompy każda z nich posiada zakres ograniczający jej bezpieczne stosowanie, co tyczy się przede wszystkim sytuacji bezpośredniego kontaktu medium z pompą. Najczęściej występujące problemy użytkowania pomp dotyczą zrywania słupa cieczy, przegrzewania się pomp, zmniejszonej wydajności, utrudnień podczas zasysania czy też wad systemu przenoszenia napędu.

Jednym z najbardziej niebezpiecznych zjawisk, z jakim możemy mieć do czynienia, jest niekontrolowane przejście fazowe ze stanu ciekłego w stan gazowy. Jest to tym łatwiejsze, im mniejsza jest wartość temperatury wrzenia cieczy. Dla przykładu w temperaturze 20°C mogłoby dojść do wrzenia cieczy w układzie dla wody praktycznie wymagane jest wytworzenie oporu na wężu ssawnym przy ssaniu z głębokości około 8-ego metra, dla etyliny rzędu 5-tego metra natomiast dla acetonu ta wartość wynosi zaledwie 0,5 metra. Taki stan rzeczy wymusza by pompę w układzie jej bezpośredniego kontaktu z medium stosować w taki sposób, aby zminimalizować do minimum wysokość ssania. A zatem pompę należy usytuować co najmniej w płaszczyźnie pompowania lub też w miarę możliwości powyżej tak, aby maksymalnie zmniejszyć opory jej pracy, a zatem i wytwarzane podciśnienie konieczne do przeprowadzenia pompowania medium. Aby wyobrazić sobie ryzyko związane z przejściem fazowym przeanalizujmy to na przykładzie acetonu. Aceton o masie molowej  $M=58$  g/mol i gęstości w temperaturze 20°C  $d_{20}=0,79$  g/cm<sup>3</sup> jest w stanie z jednego litra cieczy przejść w 327 dm<sup>3</sup> pary. Biorąc pod uwagę dolną granicę wybuchowości DGW = 2,1% 1 litr acetonu generuje mieszaninę palną w objętości 15,6 m<sup>3</sup>. Zważywszy na fakt, iż gęstość par acetonu jest dwukrotnie większa od gęstości powietrza możemy się dodatkowo spodziewać gromadzenia się ich przy powierzchni, co potęguje niebezpieczeństwo.

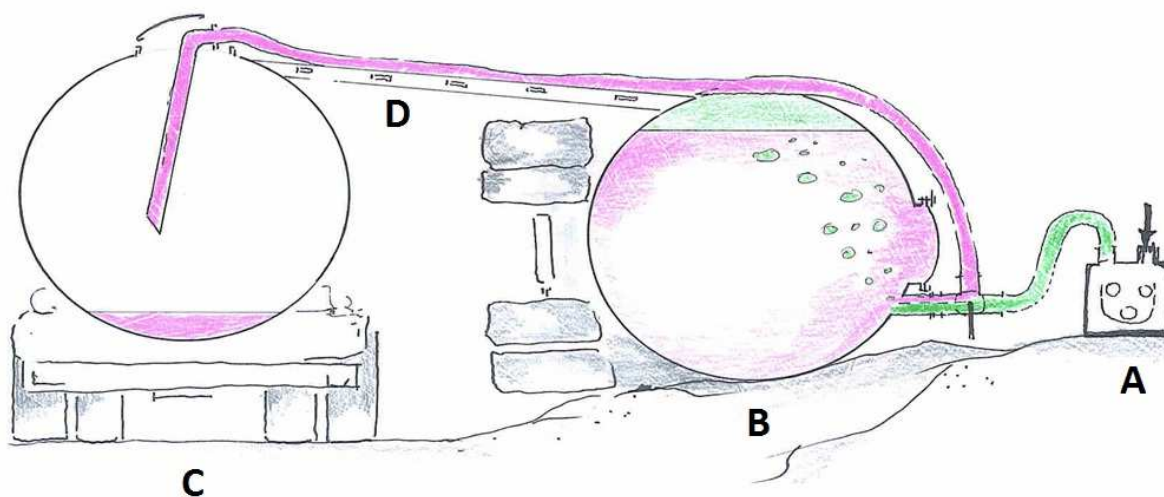
Wydostanie się par wrzącej cieczy palnej poza pompę powoduje, iż urządzenie automatycznie znajdzie się w strefie „0”, co może być przyczyną zapłonu i efektu ciągu zdarzeń katastroficznych podczas trwania akcji. Z zagrożenia związanego z przejściem fazowym niestety często nie zdajemy sobie sprawy. W jednostkach ratowniczych, mających rzadko do czynienia ze zdarzeniami chemicznymi oraz podczas systemu szkoleń wszelkiego szczebla, medium wykorzystywanym do ćwiczeń jest woda, która jest cieczą o stosunkowo wysokiej temperaturze wrzenia. Zatem trudno jest zaobserwować takie zjawisko praktycznie podczas ćwiczeń z jej udziałem, nie wspominając już o możliwości powstania zapłonu.

Taktykę wykorzystania pomp powinno się zatem uzależnić od rodzaju substancji, z jaką ma się do czynienia oraz od możliwości położenia pompy względem instalacji.

Idealnym rozwiązaniem dla cieczy niskowrzących, takich jak aceton, byłoby wykorzystanie pompy w układzie, jako elementu wytwarzającego nadciśnienie (rys. 1). Zaletą takiego rozwiązania jest między innymi:

- uniemożliwienie wrzenia cieczy w układzie na skutek działania nadciśnienia;
- brak bezpośredniego kontaktu medium z pompą (a zatem jej mniejsza awaryjność i zużywanie się jej elementów wewnętrznych);
- większa elastyczność przy sytuowaniu położenia pompy (brak uzależnienia od wysokości ssania).

W układzie przedstawionym na rys. 1 wykorzystuje się popularną pompę perystaltyczną typu DEPA ELRO GP 20/10 Ex. Nie jest natomiast możliwe wykorzystanie pomp typu MAST GUP 3-1,5 oraz MUST TUB 3-1,5 E ze względu na fakt pompy wirnikowe przystosowane są do pracy w trybie „mokrym” i nie są w stanie wytworzyć stosownej wartości nadciśnienia podczas trybu pracy na „sucho”.



**Ryc. 1.** Układ wytwarzania nadciśnienia z wykorzystaniem pompy typu DEPA ELRO GP 20/10 Ex. A) Pompa typu DEPA ELRO wytwarzająca nadciśnienie strumieniem powietrza B) wywrócona cysterne posiadająca szczelność umożliwiającą przeprowadzenie pompowania nadciśnieniowego C) cysterne zapasowa D) drabina podtrzymująca i stabilizująca wąż

**Fig. 1.** Overpressure generation system using a DEPA ELRO GP 20/10 Ex. pump A) DEPA ELRO pump producing an overpressure B) capsized tank capsized possessed tightness enable overpressure pumping C) reserve tank D) hose supporting and stabilizing ladder

W przypadku wirnika, podstawowego elementu pomp wirnikowych MAST TUP/MAST GUP, dodatkowym elementem destrukcyjnym jest proces kawitacji powstający na skutek generowania podciśnienia przez pracujące łopatki wirnika. Lokalny spadek ciśnienia statycznego może prowadzić do wrzenia cieczy i tworzenia się miejscowych ubytków. Po opuszczeniu przez ciecz obszaru szybkiego przepływu następuje ponowny wzrost ciśnienia statycznego, a także gwałtowny proces „zapadania” się oraz implozji, co generuje fale uderzeniową uszkadzającą wirnik.

Podczas pracy pomp wirnikowych zasilanych prądem zmiennym trójfazowym, niebezpiecznym elementem jest zmiana kierunku faz. Niewłaściwy ruch łopatek wirnika powoduje spadek wydajności pompy o około 60%. Zmiana kierunku obrotu może spowodować również w niektórych modelach pomp MAST TUP/MAST GUP odkręcenie się wirnika, co może być przyczyną zniszczenia kierownicy przepływu cieczy.

Zważywszy na fakt, iż pompy wirnikowe nie mają możliwości pracy bez zalania wnętrza urządzenia medium. W celu ułatwienia pracy pompy typu MUST GUP zawierają wbudowaną pompę ręczną służącą do zasysania cieczy. Jest to niestety dość awaryjny element urządzenia ulegający rozszczelnieniu, zwłaszcza w obecności substancji o charakterze kwaśnym. Warto też pamiętać, iż uszkodzeniu często ulega śruba mocująca rączkę do pompowania. Samo uszczelnienie wirnika pompy jest teflonowe, więc pompa zachowuje szczelność. Wskazane jednak jest, aby pompami tego rodzaju nie tłoczyły kwasu solnego oraz chlorowcopochodnych organicznych. Znane są przypadki uszkodzenia pomp właśnie podczas pompowania HCl (JRG 6, Warszawa, uszkodzenie aż dwóch pomp MAST GUP). Nie ma natomiast przeciwwskazań co do pompowania chlorowcopochodnych nieorganicznych nie hydrolizujących kwaśno takich jak np. roztwór podchlorynu sodowego.

Pompa DEPA ELRO zaadoptowana dla przemysłu spożywczego stwarza możliwość przepompowywania mas gęstych. Tryb pracy pompy zawierającej wał perystaltyczny powoduje jednak wytworzenie uderzeń hydraulicznych. Powstające dzięki temu drżenie węża powoduje, iż w czasie kilkugodzinnej pracy ulega on przetarciu mimo założonego antypulsatora. Zamknięcie zaworu po stronie tłocznej pompy lub zbyt duże wytworzone podciśnienie może spowodować zamknięcie światła węża wewnętrznego lub jego

uszkodzenie poprzez wyrwanie go z połączeń. Stąd też stanowi to dodatkowy element wskazujący na potrzebę sytuowania pompy w taki sposób by wysokość ssania była jak najmniejsza.

Ważne jest, aby w przypadku pompy DEPA ELRO stosować zbiornik pośredni. Wynika to z możliwości uszkodzenia wnętrza węża perystaltycznego przez przedmioty stałe takie jak gwoździe czy blachowkręty. Czasami element stały może zablokować rotor i uszkodzić przeponę, co powoduje utratę szczelności pompy i niemożliwość wytworzenia odpowiedniego podciśnienia uniemożliwiając ssanie. W momencie zablokowania rotora przy słabym naciągu paska może nastąpić tarcie i poślizg na kole pasowym, powodując zniszczenie paska klinowego przez wysoką temperaturę powstałą na skutek tarcia. Choćby ze względu na tę sytuację wyklucza się możliwość stosowania pompy DEPA ELRO w strefie „0”. Tarcie rotora posiadającego sztywne wałki samo z siebie powoduje nagrzewanie się elementów pompowych, czego nie zaobserwujemy podczas ćwiczeń z udziałem wody. Tarcie to wzrasta wraz ze wzrostem temperatury potęgując efekt. Wzrost temperatury elementów pompy może spowodować wrzenie cieczy, a zatem doprowadzić do uszkodzeń i zagrożeń wspomnianych we wcześniejszej części artykułu. Jest to dodatkowy argument przemawiający za możliwie częstym stosowaniem pompy DEPA ELRO jako elementu wytwarzającego naciśnienie w przypadku pompowania cieczy niskowrzących.

Oddziaływanie niektórych substancji chemicznych może spowodować wydłużanie się węża perystaltycznego, co automatycznie powoduje zablokowanie się rotora. Zdarzenie takie miało miejsce choćby podczas pompowania ropopochodnych (prawdopodobnie zanieczyszczonych  $H_2SO_4$ ) przez JRG z Częstochowy. Zdarzają się również uszkodzenia pompy DEPA ELRO podczas pompowania umiarkowanie stężonych kwasów, takich jak  $H_2SO_4$  (JRG 6 Warszawa) czy  $HNO_3$  (JRG 6, Kraków) [1]. W takiej sytuacji najczęściej dochodzi do przedostania się medium do komory z wężem perystaltycznym, rolkami i olejem silikonowym. W przypadku zdarzenia z  $HNO_3$  (JRG 6, Kraków) zaobserwowano, iż olej po otwarciu komory był koloru czarnego oraz doszło do uszkodzenia węża perystaltycznego, a także tzw. „bieżni” [1].

W przypadku pompowania kwasów bardzo dobrym rozwiązaniem jest zastosowanie pompy zanurzeniowej. Ograniczenia w jej stosowaniu wynikają z gabarytów i trudnością umieszczenia jej w zbiorniku. Możemy ją zastosować w przypadku cystern posiadających odpowiednią średnicę włazu lub też pompując z utworzonego przy cysternie basenu pośredniego. Zaletą tej pompy jest stosunkowo wysoka bezawaryjność, płynność pracy oraz

brak konieczności stosowania dodatkowej armatury w postaci zbiornika pośredniego czy też węży na części ssawnej.

### **Podsumowanie**

Podczas akcji z udziałem substancji niebezpiecznych niezwykle ważne jest bezawaryjne wykorzystanie pomp chemicznych. Szczególne zagrożenie związane jest możliwością przejścia fazowego medium pompowanego, co może spowodować, iż pompa znajdzie się bezpośrednio w strefie „0” zagrożenia wybuchem w przypadku pompowania substancji palnych. Uszkodzenie elementów pompy powoduje również opóźnienie w działaniach ratowniczych a zatem dłuższe oddziaływanie medium na środowisko oraz zwiększając koszty sił i środków związanych z organizacją akcji. Mankamenty pomp obecnie wykorzystywanych w ratownictwie sugerują poszukiwania innych rozwiązań technicznych będących mniej awaryjnymi w użytkowaniu. Warto byłoby zwrócić uwagę na możliwość wykorzystania odpowiednio przystosowanych pomp napędzanych silnikami modulacyjnymi dającymi nam możliwość regulacji podciśnienia. W chwili obecnej stosowane są w przemyśle między innymi pompy bezuszczelnieniowe o sprzężeniu magnetycznym. Wykorzystywane są do pompowania cieczy żrących, abrazyjnych, zawierające cząstki stałe czy też cieczy o właściwościach palnych lub wybuchowych. Zważywszy na fakt iż są to pompy bezuszczelnieniowe wyraźnie spada ryzyko awarii urządzenia. Badania wskazują, iż około 80% awarii tradycyjnych pomp spowodowanych jest właśnie utratą szczelności [2]. W przypadku pomp magnetycznych magnesy rozdzielane są przez wewnętrzny korpus pompy, co powoduje, iż nie istnieje żadne mechaniczne połączenie sekcji pompy i silnika. Stąd też nie ma potrzeby uszczelnienia osi, które często są przyczyną wycieków pomp konwencjonalnych. Hermetyczna konstrukcja zapewnia możliwość pompowania również cieczy krystalizujących w zetknięciu z powietrzem. Dodatkową zaletą jest niewrażliwość tych pomp na kierunek obrotów na co trzeba szczególnie zwracać uwagę podczas stosowania obecnych rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych w ratownictwie chemicznym

### **Literatura**

1. Kielin A., *Ratownictwo chemiczno-ekologiczne. Akcja przy ulicy powstańców*, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza 01 (23) 2012, 107 – 112;
2. [http://www.pompychemiczne.com.pl/chemiczne\\_pompy\\_magnetyczne.htm](http://www.pompychemiczne.com.pl/chemiczne_pompy_magnetyczne.htm).

**asp. szt. Krzysztof Siwicki**

W strukturach Państwowej Straży Pożarnej od 1989 roku. Szkołę Aspirantów PSP w Krakowie ukończył w 1997 r. Obecnie pełni służbę jako dowódca zmiany w Jednostce Ratowniczo-Gaśniczej nr 2 w Katowicach-Piotrowicach.

**dr Tomasz Węsierski**, absolwent studiów magisterskich i doktoranckich na Wydziale Chemii UAM w Poznaniu. W strukturach PSP od 2008 roku. Obecnie pełni służbę jako adiunkt w Zakładzie Ratownictwa Chemiczno-Ekologicznego SGSP.

**Recenzenci**

**dr inż. Stefan Wilczkowski**

**Zbignev Karpovič, PhD**