

## Urządzenie do oczyszczania kanalizacji

ZBIGNIEW PAWELSKI, TOMASZ PAŁCZYŃSKI

Politechnika Łódzka

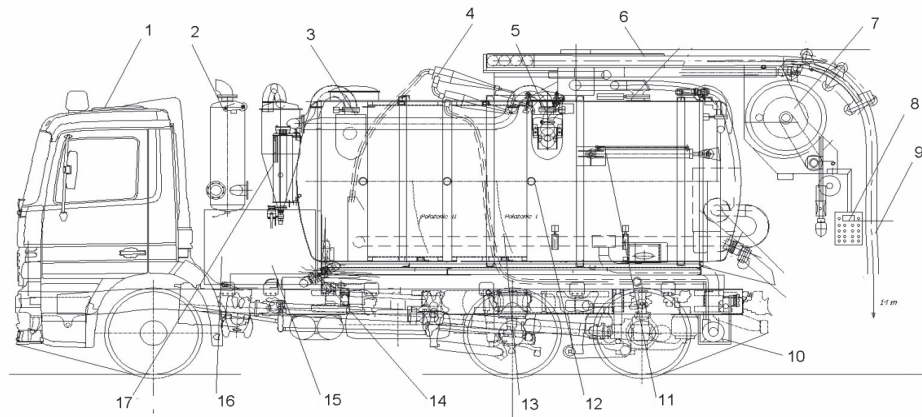
W pracy przedstawiono układ sterowania i modernizację skrzyni rozdzielczej dla urządzenia do oczyszczania kanalizacji zrealizowane w ramach projektu celowego. Mikroprocesorowy układ sterowania oparto na sterownikach „mobilnych” i szynie CAN. Dzięki temu uzyskano znaczne jego uproszczenie i nową jakość w zakresie możliwości funkcjonalnych urządzenia. Modernizacja skrzyni rozdzielczej polegała na zwiększeniu trwałości i cichobieżności przez zastąpienie zębów prostych skośnymi, zmianę ułożyskowania oraz sprzęgieł zębatych. Dzięki powyższym modyfikacjom osiągnięto poziom, który może konkurować z podobnymi urządzeniami zachodnich producentów.

### 1. Wstęp

W roku 2008 Instytut Pojazdów, Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn PŁ wraz z Wytwórnią Urządzeń Komunalnych WUKO SA w Łodzi uczestniczył w projekcie celowym, który obejmował opracowanie, budowę i badania prototypu oraz uruchomienie produkcji zmodernizowanego samochodu do czyszczenia kanalizacji charakteryzujący się: recyklingiem i dwustopniową filtracją wody, dużą wydajnością, zbiornikiem podzielonym na trzy komory o zmiennej wydajności, mikroprocesorowym układem sterowania. W kraju tego typu urządzenia nie są produkowane, a do importerów należą: MULLER, KROLL (Niemcy), MORO, CAPPELLOTTO, JUROP (Włochy), KEISER (Luksemburg), HUWER, RIVRD (Francja).

Dotychczas produkowane przez WUKO (jedyne producent w kraju) urządzenia do czyszczenia kanalizacji, tzw. samochody kombinowane typu SCK nabudowane na podwoziach samochodowych 2 i 3-osiowych o masie całkowitej 16 i 24 tony, posiadały zbiornik dzielony. Stała przegroda dzieliła zbiornik na komorę wody czystej i komorę osadu. Woda czysta była wykorzystywana do hydrodynamicznego mycia kanałów, natomiast komora osadu przeznaczona była do gromadzenia osadów wyciąganych z kanałów. Ciśnienie wody, potrzebne do hydrodynamicznego mycia ścian kanału, wytwarzały pompy nurnikowe. Do wytworzenia podciśnienia w komorze osadu służyły kompresory zapewniające próżnię ok. 0,08MPa. Odsysanie osadu odbywało się za pomocą przewodów hydraulicznych ssących, łączonych z odcinków łatwych do przewożenia na pojeździe. Urządzenia typu SCK nie spełniały jednak warunków wymaganych przez użytkowników tego sprzętu. Potrzebne były urządzenia bardziej wy-

dajne, efektywne i przystosowane do aktualnych wymagań klienta. Na rysunku 1 przedstawiono koncepcję budowy zmodernizowanego urządzenia do oczyszczania kanalizacji wraz z rozmieszczeniem jego podstawowych elementów (oznaczenia 1-17).



Rys. 1. Koncepcja budowy zmodernizowanego urządzenia do oczyszczania kanalizacji:

1-Podwozie, 2- układ ssąco tłoczący, 3- zawór pływakowy komory wody czystej, 4- bateria hydrocyklonów, 5- zawór pływakowy komory osadu, 6- wysięgnik obrotowy teleskopowy, 7- bęben główny węża ssawnego, 8- kasetka sterownicza, 9- wąż ssawny, 10- pompa recyrkulacyjna, 11- siłowniki otwierania dennicy, 12- rygle tłoka, 13- ruchomy tłok, 14- układ napędowy pomp, 15- pompa wysokociśnieniowa, 16- kompresor, 17- układ hydrauliczny.

Fig. 1. Construction conception of modernized device to sewage system cleaning: 1- chassis, 2- inlet outlet system, 3- float valve of clean water chamber, 4- hydrocyclon set, 5- float valve of residual water chamber, 6- rotatory telescopic arm, 7- main inlet drum pipe, 8- steering cartridge, 9- inlet pipe, 10- recirculation pump, 11- "roll end" opening actuator, 12- piston bolts, 13- movable piston, 14- pump powertrain, 15- heigh pressure pump, 16- compressor, 17- hydraulic system.

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom odbiorców i potrzebom rynku opracowano rozwiązanie, które charakteryzuje:

1. Pojemność zbiornika dostosowaną do większych maksymalnych mas całkowitych, tj. 18 ton na podwoziu dwuosioowym lub 26 ton na podwoziu trójosiowym.
2. Zmienny podział zbiornika na wodę czystą i osad, tak aby podczas pracy w miarę ubywania wody czystej i przybywania wyciągniętego osadu, zwiększała się objętość komory osadu kosztem objętości wody czystej. Zwiększono przez to, prawie dwukrotnie, stopień wykorzystania urządzenia, a tym samym poprawiono efektywność pracy.
3. Zastosowanie kompresorów o dużej wydajności i mocy umożliwia pneumatyczny transport osadu ze znacznych głębokości (ok. 15m). Dotychczas produkowane urządzenia transportowały osad z kanałów metodą wyporową, co ograniczało głębokość czyszczonych kanałów.
4. Zastosowanie węża ssącego o dużej długości, ok. 20m, układanego na stelażu w górnej części zbiornika pozwoliło na szybkie zwijanie i rozwijanie węża

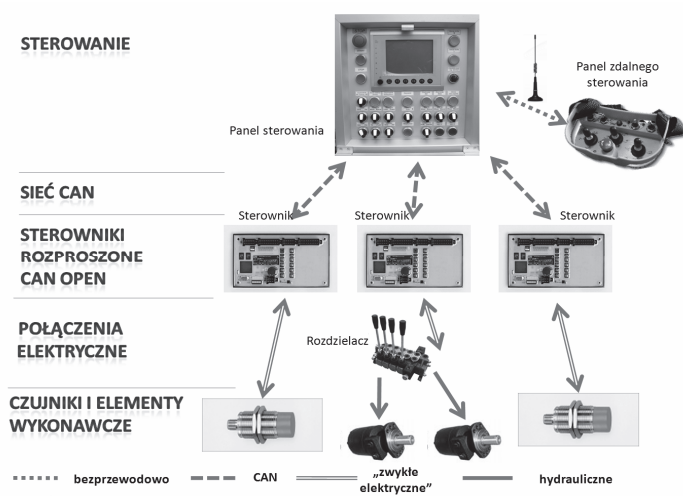
bez potrzeby łączenia go z krótkich odcinków. Tym samym uproszczono obsługę, zwiększono bezpieczeństwo i wydajność pracy urządzenia.

5. Sposób usuwania gęstego osadu przez ruchomy tłok, przesuwany pneumatycznie, pozwolił na skuteczne wygarnianie osadu ze zbiornika.
6. Zastosowanie obiegu zamkniętego nieczystości z filtracją wody w celu ponownego wykorzystania jej do mycia kanałów. Dwustopniowy układ filtracji wody z zastosowaniem hydrocyklonów zapewnił dużą wydajność filtracji. W wyniku uzyskano zwiększenie wydajności urządzenia i zmniejszenie zużycia wody w procesie mycia kanałów.
7. Zautomatyzowanie czynności wykonywanych przez operatora. W tym celu zastosowano specjalnie zaprojektowany układ sterowania zbudowany na bazie mikroprocesora, który umożliwia operatorowi na proste sterowanie urządzeniem wyposażonym w wiele elementów wzajemnie ze sobą powiązanych.

### 1. Opracowanie sterowania mikroprocesorowego

Układ sterowania prezentowanego urządzenia, ze względu na stawiane mu wymagania, powinien charakteryzować się:

- odpornością na drgania wynikające z pracy podukładów urządzenia podczas wykonywania zadań, a także podczas przemieszczania się całego pojazdu,
- temperaturą pracy w zakresie od  $-25^{\circ}\text{C}$  do  $40^{\circ}\text{C}$ ,
- niewrażliwością układu na warunki eksploatacji,
- bezpieczeństwem użytkowania w kontekście nadania znaku CE,
- możliwością sterowania wybranymi funkcjami urządzenia w sposób zdalny.
- zastosowaniem sieci CAN, ze względu na liczbę koniecznych połączeń elektrycznych i ich dużym rozproszeniem w ramach całego urządzenia.



Rys. 2. Koncepcja układu sterowania urządzenia do oczyszczania kanalizacji.

Fig. 2. Conception of steering system of the sewage cleaning device.

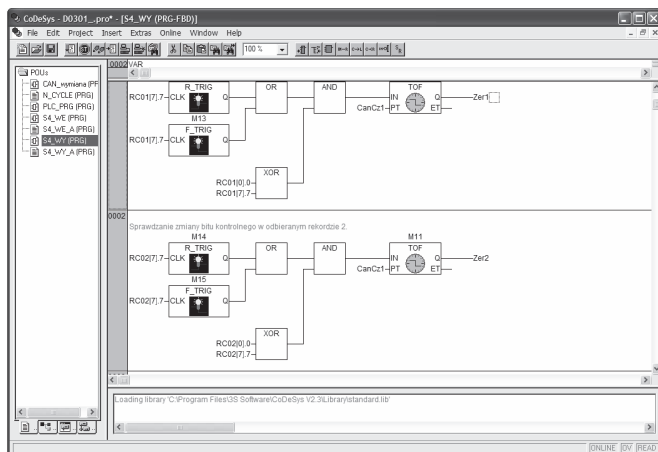
Jak widać z przedstawionego schematu, (rys. 2), układ sterowania składa się z następujących elementów:

a) Głównego panelu sterowania zawierającego:

- Wyświetlacz umożliwiający:
  - bieżący odczyt parametrów pracy urządzenia,
  - wprowadzanie wielkości sterujących, jak: czas obrotu wysięgnika, prędkość zwijania węży, szybkość przesuwania przegrody,
- Wyłącznik główny.
- Zespół przycisków do sterowania prędkością kątową silnika.
- Zespół przycisków do uruchamiania poszczególnych „ruchów“ elementów maszyny, np. wieża w lewo, wąż w górę itp.
- Zespół przycisków do uruchamiania poszczególnych funkcji urządzenia, czyszczenie komory A, zasysanie, zrzut wody górą.
- Zespół przycisków do uruchamiania cykli automatycznych: recyrkulacja, automatyczna regulacja prędkości kątowej silnika.
- Sterownik – jeden z czterech sterowników urządzenia połączonych ze sobą siecią CAN.

b) Panel zdalnego sterowania zawierający powtórzone przyciski z panelu głównego. Panel zdalnego sterowania podłączono do systemu w taki sposób, że jego aktywacja unieruchamia działanie panelu głównego poza funkcjami wyświetlania parametrów pracy i klawiszy: „Wyłącznik główny“ i „Stop“.

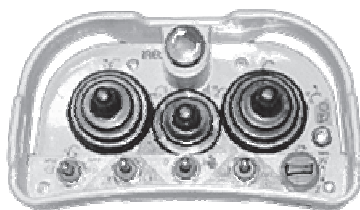
Po analizie firm produkujących tego typu sterowniki zdecydowano się na zastosowanie sterowników firmy IFM Electronic serii R360 połączonych siecią CANopen. O wyborze tego sterownika zdecydowały w głównej mierze duża ilość wejść i wyjść pojedynczego modułu, możliwość pracy w przewidzianych warunkach eksploatacji oraz programowanie za pomocą programu narzędziowego CoDeSys, rysunek 3. Dzięki programowaniu obiektowemu, znacznie skraca się czas budowy algorytmu sterowania. Programowanie obiektowe bardzo dobrze sprawdziło się w praktyce, podczas weryfikacji eksperymentalnej testowanych programów sterowania, umożliwiając ich łatwą modyfikację i „strojenie”.



Rys. 3. Interface programu CoDeSys służący do programowania obiektowego.

Fig. 3. CoDeSys software interface used to object programming

Do zdalnego sterowania wybrano urządzenia polskiej firmy IREL, rysunek 4. Zdalne sterowanie składa się z nadajnika, który obsługa pojazdu ma przy sobie i odbiornika, którego wyjścia oddziałują na wejścia sterownika pojazdu. Zasięg urządzenia zdalnego sterowania ~ 100m.



Rys. 4. Pilot do bezprzewodowego sterowania wybranymi funkcjami urządzenia.

Fig.4. Wireless pilot to chosen task machine steering.

Zadania w poszczególnych segmentach pracy urządzeń zdefiniowano następująco:

- podwozie: Układ przeniesienia napędu, kontrola załączania napędu urządzeń dodatkowych;
- kontrola pracy silnika: kontrola prędkości kątowej silnika i biegu jałowego, w tym automatyczna regulacja prędkości kątowej silnika jako wielkości sterowanej podczas regulacji zadanego ciśnienia wody;
- wejścia i wyjścia: system informacji dla kierowcy, rejestrowanie danych roboczych, diagnostyka systemu. Dzięki zastosowaniu sterowania mikroprocesorowego możliwe jest rozbudowanie funkcji samodiagnostyki urządzenia, a także wprowadzenie różnych poziomów dostępu do wybranych parametrów pracy. W przypadku nieprawidłowej eksploatacji przyjęty układ sterowania stanowi swego rodzaju „czarną skrzynkę”;

- d) elementy robocze: sterowanie zaworami, kontrola ruchu, redukcja drgań, ograniczniki momentu, monitoring. Przyjęte algorytmy sterowania uwzględniają aktualne wartości wielkości sterowanych a także charakterystyki eksploatacyjne wyznaczone podczas badań wstępnych prototypu. Dzięki temu algorytmy sterowania dostosowane są do konkretnego egzemplarza urządzenia.

## 2. Badania symulacyjne jako narzędzie do optymalizacji konstrukcji

Dobór elementów układu napędowego wspomagano badaniami symulacyjnymi w programie MatLab Simulink. W tym celu opracowano model całego urządzenia, czyli układów: mechanicznego, hydraulicznego, pneumatycznego i sterowania. Pierwszym etapem badań symulacyjnych było sprawdzenie prawidłowości przyjętego algorytmu sterowania pod względem sterowań dopuszczalnych, dotychczas niemożliwe bez budowy prototypu. Dzięki zbudowanemu modelowi zidentyfikowano obszary sterowań dopuszczalnych. Następnie przeprowadzono optymalizację wybranych elementów układu ze względu na ich sprawność. Dzięki temu, zmodyfikowano wybór elementów hydraulicznych, pneumatycznych i mechanicznych, m. in.:

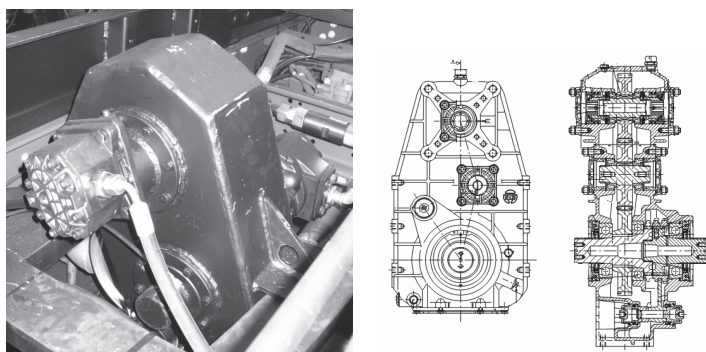
- Ze względu na określenie parametrów pracy urządzenia możliwe było przyjęcie mniejszych współczynników zapewniających tzw. „zapas mocy”, czyli wybrano silniki hydrauliczne o mniejszych chłonnościach jednostkowych (10%), siłowniki pneumatyczne o mniejszych średnicach ze względu na wymagane mniejsze siły (8%), pompy zasilające o mniejszych wydajnościach nominalnych (7%).
- Zmodyfikowano geometrię wybranych elementów mechanicznych w celu dalszego obniżenia obciążeń.
- Wstępnie ustalone parametry sterowań jak maksymalne ciśnienia, prędkości znalazły swe potwierdzenie podczas badań eksperymentalnych prototypu, znacznie skracając czas tzw. „strojenia” układu.

## 3. Prototyp skrzyni rozdzielczej

Jako punkt wyjścia do modernizacji przyjęto dotychczas stosowane rozwiązanie i bazę wiedzy w postaci dokumentacji serwisowej zawierającej historię napraw. Problemy zidentyfikowane a następnie rozwiązane w ramach wprowadzonych zmian w konstrukcji skrzyni rozdzielczej to:

- Obniżenie hałaśliwości przekładni uzyskano głównie dzięki wprowadzeniu kół o zębach skośnych.
- Poprawa technologiczności konstrukcji z uwzględnieniem napraw serwisowych podczas eksploatacji przez zmianę korpusu skrzyni oraz łożyskowania.
- Poprawa mechanizmu załączania napędu wewnątrz przekładni, zmiana parametrów sprzęgieł zębatych w celu zmniejszenia nacisków jednostkowych i łatwiejszego załączania.

- Poprawa mechanizmu załączania napędu (na zewnątrz przekładni) – obniżenie poboru prądu przez układ cewek, poprawa niezawodności i trwałości opisywanego elementu.
- Wprowadzenie dodatkowego wyjścia umożliwiające montaż dodatkowego urządzenia.
- Wprowadzenie wyższej klasy dokładności wykonania kluczowych elementów przekładni w celu zwiększenia jej niezawodności.



Rys. 5. Widok skrzyni rozdzielczej zamontowanej w pojeździe (po lewej), przekrój poprzeczny skrzyni rozdzielczej (po prawej).

Fig. 5. View of distributing gearbox mounted at vehicle (left side), distributing gearbox section (right side).

#### 4. Nadanie znaku CE

W opracowaniu procedury nadania znaku CE dla modernizowanego urządzenia należało uwzględnić:

- Zasadnicze wymagania w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczące projektowania oraz wytwarzania maszyn i elementów bezpieczeństwa ze względu na:
  - materiały i wyroby, oświetlenie,
  - sterowanie (bezpieczeństwo i niezawodność układów sterowania, elementy sterownicze, uruchamianie, urządzenia zatrzymujące, wyłączniki awaryjne, wybór trybu sterowania, zanik zasilania energią, oprogramowanie),
  - ochrona przed zagrożeniami mechanicznymi (stateczność, zagrożenia powodowane przez: przedmioty spadające, krawędzie lub naroża, elementy ruchome),
  - wymagane własności osłon i urządzeń ochronnych,
  - konserwacja, wskaźniki.
- Konieczność przeprowadzenia kompleksowej analizy zagrożeń, której wynikiem jest lista zagrożeń. Stanowi ona podstawę do stwierdzenia, że dana maszyna spełnia wymagania w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczące projektowania i wytwarzania maszyn i elementów bezpieczeństwa.
- Wypełnienie deklaracji zgodności WE dla maszyn.

## 5. Podsumowanie

Wnioski ogólne:

- a) Zastosowanie sieci CAN w układzie sterowania znacznie rozszerzyło możliwości sterowania i diagnostyki urządzenia oraz uprościło jego układ elektryczny.
- b) Wykorzystanie badań symulacyjnych w fazie konstruowania urządzenia obniżyło koszty budowy prototypu.
- c) Z przeprowadzonych badań wynika, że urządzenie spełnia zakładane parametry.

Dodatkowe czynniki potwierdzające jakość prototypu:

- d) Urządzenie uzyskało pozytywne opinie użytkowników na targach POLEKO, listopad 2007r.
- e) Uzyskanie tytułu ciężarówki miesiąca w czasopiśmie „Transport, technika motoryzacyjna”, styczeń 2008r, rysunek 6.
- f) Urządzenie do czyszczenia kanalizacji z recyrkulacją wody zostało włączone na stałe do oferty handlowej WUKO SA. Wytwórnia posiada środki techniczne do produkcji 3-4 szt/rok.



Rys. 6. Strona informacyjna: „Ciężarówka miesiąca - Transport Technika motoryzacyjna”.

Fig. 6. Information side: "Truck of the month - Transport Technika Motoryzacyjna".

## Literatura

- [1] <http://www.ifm.com>.
- [2] <http://www.irel.pl>
- [3] <http://www.codesys.pl>
- [4] Wymagania bezpieczeństwa dla maszyn umieszczanych na rynkach unii europejskiej i na rynku polskim. Informator.



## Sewage cleaning device

### Summary

At this paper there were presented steering system and distributive gearbox dedicated to sewage cleaning device realized according to purposeful project. Microprocessor steering system was based on mobile controller and CAN. Thanks to that, there were achieved model simplification and new level at functional abilities area. Modernization of distributive gearbox was focused on durability and low noise work increase using diagonal gears, bearings and dog clutch change. Thanks to those modification there were achieved the level, which allows the competition with other similar eastern products.

*Pracę zrealizowano w ramach projektu celowego nr rejestracyjny 6 ZR8 2006C/06779  
pt.: Uruchomienie produkcji zmodernizowanego urządzenia do czyszczenia kanalizacji” – decyzja  
nr 03872/C.ZR8-6/2006.*