

Komputerowy system nadzoru dostaw paliwa w kolejowej stacji paliw

W artykule przedstawiono podstawowe zadania komputerowego systemu przeznaczonego do kontrolowania dostaw paliwa w kolejowej stacji paliw. System ten wykorzystuje dane z urządzeń służących do monitorowania stanu zbiorników, a także pomiary gęstości paliwa wykonywane na stacji paliw. Pozwala to na skuteczne i szybkie przeliczanie ilości paliwa dostarczanego. W obliczeniach można uwzględnić normy ubytków powstałych podczas transportowania i przelewania paliwa do zbiorników.

1. Wprowadzenie

Gospodarka paliwami płynnymi jest dla każdego przewoźnika niezwykle ważną dziedziną działalności. Nie inaczej jest w przypadku trakcji spalinowej kolei na terenie naszego kraju. Paliwo to jedno z podstawowych i istotnych źródeł kosztów w transporcie. Dlatego każde działanie racjonalizacyjne, mające na celu obniżenie ogólnego zużycia paliwa prowadzi wprost do obniżenia kosztów własnych działalności przewozowej. Drogi uzyskania oszczędności w tym zakresie mogą być różne. Może to być np.:

- zakup nowego lub unowocześnienie taboru,
- utrzymywanie właściwego stanu technicznego eksploatowanych pojazdów trakcyjnych,
- poprawa wyszkolenia i kontrola kierujących pojazdami,
- racjonalizacja pracy pojazdów,
- kontrola pracy stacji paliw.

Każda z wymienionych dróg jest istotna, lecz każda z nich wymaga innego poziomu zaangażowania środków, pozwalających na osiągnięcie zauważalnych zysków z tytułu zmniejszonego zużycia paliwa przez pojazdy trakcyjne. Pierwsza łączy się ze znacznymi nakładami inwestycyjnymi przeznaczonymi na tabor, druga powinna być nieodzownym elementem właściwego funkcjonowania zaplecza technicznego, natomiast pozostałe wydają się być równie interesującymi w tym zakresie. Aby jednak te ostatnie działania racjonalizacyjne mogły przynieść istotny skutek, niezbędne jest objęcie całokształtu zagadnień związanych z gospodarką paliwową systemem komputerowej kontroli i analizy, której przedmiotem będzie zarówno praca stacji paliw, jak i maszynistów, a także proces przydziału zadań do wykonania przez pojazdy. Jednym z elementów takiego systemu może być komputerowy system nadzoru dostaw w kolejowej stacji paliw [1,2,3 i 4].

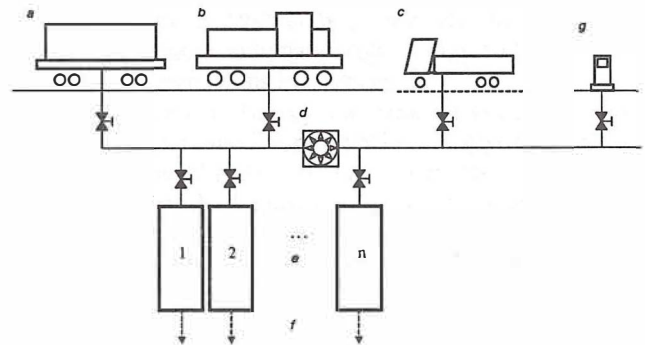
2. Obiekty systemu monitorowania zużycia paliwa

Podstawowym czynnikiem, decydującym o wysokiej przydatności jakiegokolwiek komputerowego systemu wspomaganego jest możliwość dostarczenia wszelkich niezbędnych informacji i statystyk w czasie quasi-rzeczywistym, tj. przy dopuszczeniu minimalnej zwłoki pomiędzy zdarzeniem a wykorzystaniem wiadomości o nim. Aktualny poziom rozwoju techniki komputerowej pozwala na przeprowadzanie wszechstronnych analiz zdarzeń powstałych na stacji paliw, z niewielkim opóźnieniem

w stosunku do ich zakończenia. Wymaga to jednak zainstalowania systemu monitorowania obejmującego ciągłą kontrolą zbiorniki i dystrybutory stacji paliw, a także pojazdy, czyli obiekty jak na rys. 1.

Obiekty te generują zbiór zdarzeń, które powinny być na bieżąco analizowane i przetwarzane przez system komputerowy na stacji paliw. Zbiór ten może zawierać następujące zdarzenia:

- a* - dostawę paliwa,
- b* - zwrot paliwa trakcyjnego,
- c* - zwrot paliwa „nietrakcyjnego”,
- d* - przepompowanie paliwa między zbiornikami,
- e* - magazynowanie,
- f* - wyciekanie paliwa wskutek nieszczelności zbiorników,
- g* - wydawanie paliwa,



Rys.1. Schemat blokowy zdarzeń na kolejowej stacji paliw: *a* – dostawa paliwa cysterną, *b* – zwrot paliwa trakcyjnego, *c* – zwrot paliwa nietrakcyjnego, *d* – przepompowania międzyzbiornikowe, *e* – magazynowanie paliwa w zbiornikach 1+n, *f* – wyciekanie paliwa przez nieszczelności, *g* – dystrybucja paliwa

W istniejących rozwiązaniach całość komputerowego systemu monitorowania stacji paliw składa się z dwu grup urządzeń, przeznaczonych do ciągłej kontroli:

- poziomu paliwa w jej zbiornikach,
- wydawania paliwa przez dystrybutory.

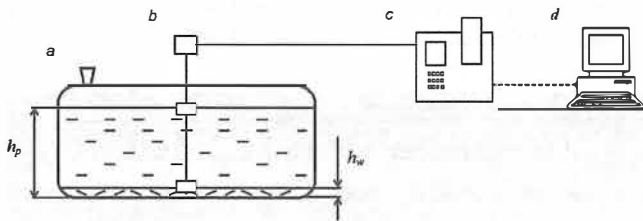
Komputerowe urządzenia do kontroli wydawania paliwa są szerzej stosowane, jednakże ich funkcjonowanie nie jest przedmiotem niniejszego artykułu.

Pierwsza z wymienionych grup urządzeń, dla każdego okresu analizy (od t_1 do t_2), służy zatem do kontroli zbioru zdarzeń X , zawierającego:

$$X = \{t_1 \leq t \leq t_2 : \{a_1, \dots\}, \{b_1, \dots\}, \{c_1, \dots\}, \{d_1, \dots\}, \{e_1, \dots\}, \{f_1, \dots\}\} \quad (1)$$

czyli: $\{a_1, \dots\}$ - zbiór dostaw paliwa,
 $\{b_1, \dots\}$ - zbiór zwrotów paliwa z pojazdów trakcyjnych,
 $\{c_1, \dots\}$ - zbiór zwrotów paliwa „nietrakcyjnego”,
 $\{d_1, \dots\}$ - zbiór danych opisujących przemieszczanie paliwa pomiędzy zbiornikami (przepompowania),
 $\{e_1, \dots\}$ - zbiór danych o poziomie paliwa magazynowanego w zbiornikach,
 $\{f_1, \dots\}$ - zbiór sygnałów alarmowych o wyciekach paliwa poza zbiornik.

Zdarzenia te mogą zachodzić jednocześnie lub w różnych okresach czasu i aby je można efektywnie kontrolować niezbędna jest ciągła rejestracja poziomu paliwa w zbiornikach. W kolejowej stacji paliw mogą do tego być wykorzystane urządzenia systemu SiteSentinel produkcji firmy Petro-Vend oraz dodatkowe moduły transmisyjne i obliczeniowe [5]. Ogólny schemat ich współdziałania przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Schemat współdziałania systemów monitorowania paliwa w stacji paliw: a – zbiornik, b – sonda, c – kontroler, d – komputer centralny systemów dodatkowych, h_p – poziom produktów, h_w – poziom wody

W każdym zbiorniku stacji paliw umieszczone są sondy, których pływaki mierzą poziom paliwa h_p i wody h_w oraz ich temperatury. Poziomy te są przeliczalne na odpowiednie objętości, a przeliczeń dokonuje kontroler systemu na podstawie danych uzyskanych podczas pracy zbiorników. Dane te wprowadza się na stałe do pamięci kontrolera. Różnica poziomów, a w związku z tym odpowiadających im objętości jest objętością paliwa w zbiorniku. System nie pozwala jednak na jednoczesny pomiar gęstości paliwa w zbiornikach. Stwarza to istotny problem przy przeliczeniach masowych, niezbędnych dla obiektywnego rozliczania dostaw i wydań paliwa.

W tej sytuacji w obliczeniach masy paliwa można skorzystać z charakterystyk temperaturowych zmian gęstości paliwa. W przypadku kolejowych stacji paliw wykorzystuje się charakterystyki zawarte w tabeli gęstości produktów naftowych (Instrukcja 25a [6]), która dla każdej całkowitej wartości temperatury z zakresu $(-10 \div +30)^\circ\text{C}$ podaje gęstości paliwa z dokładnością do trzech miejsc po

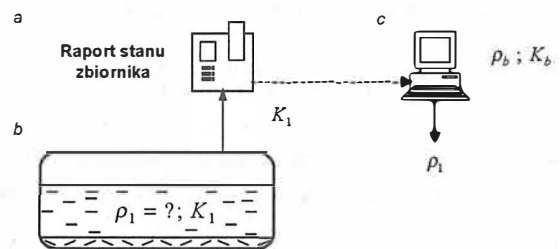
przecinku. Większą dokładność obliczeń można uzyskać posługując się charakterystykami zmian gęstości zawartymi w normie PN-90/C-04004 [7]. Gdzie dla paliw odpowiednie wartości są tam podawane z dokładnością do czterech miejsc po przecinku.

Każdej zmianie temperatury paliwa w zbiorniku odpowiada proporcjonalna zmiana jego gęstości. W przypadku pomiarów temperatury z dokładnością do ułamek stopnia odpowiednią gęstość paliwa w danej temperaturze można obliczyć za pomocą interpolacji liniowej.

Gęstość paliwa w zbiorniku zmienia się także przy każdym jego dopelnieniu, czyli wtedy, gdy zachodzą zdarzenia $\{a, b, c, d\}$. Wielkość tej zmiany jest zależna, co oczywiste, od proporcji ilościowych paliwa wlewane i pozostającego w zbiorniku. Ponadto przy dostawach obserwuje się, że nawet paliwo pochodzące od tego samego dostawcy posiada najczęściej różną charakterystykę temperaturową gęstości.

W sytuacji, gdy w zbiornikach nie ma urządzeń do ciągłej kontroli gęstości, to niezbędne jest jej mierzenie po każdej dostawie, zwrocie lub przepompowaniu paliwa. Najlepiej, jeśli pomiary gęstości są przeprowadzane w laboratorium po pobraniu próbek paliwa zgodnie z przyjętymi zasadami. Określona w ten sposób wartość oraz temperatura badania pozwala na określenie krzywej gęstości z tabeli gęstości produktów naftowych. Jeśli w zbiornikach zainstalowane są sondy, jak na rys. 2, podające każdą zmianę temperatury produktów oraz poziomu paliwa i wody, to możliwe jest bieżące kontrolowanie zmian masy paliwa w stacji paliw. Wymaga to jednak zainstalowania dodatkowego modułu transmisji danych z kontrolera systemu do komputera centralnego.

Istotą monitoringu poziomu paliwa w zbiornikach stacji paliw jest zapamiętywanie zbadanej w laboratorium gęstości $\rho_{b1}(K_{b1})$ na komputerze centralnym. Wartość ta jest wykorzystywana do przeliczania mas paliwa wydawanego lub pozostającego w zbiorniku do czasu, gdy nie nastąpi kolejne dopelnienie zbiornika. Dysponując zbadaną w laboratorium gęstością komputer centralny podaje gęstość w temperaturze panującej aktualnie w zbiorniku (rys. 3).



Rys. 3. Schemat określania gęstości paliwa w zbiorniku: a – raport stanu w kontrolerze, b – zbiornik paliwa, c – gęstość paliwa w temperaturze odniesienia, zapisana w bazie danych komputera centralnego

Przed dostawą, zwrotem lub przepompowaniem paliwo w każdym zbiorniku stacji posiada pewną ustaloną charakterystykę zmian gęstości pod wpływem zmiany temperatury, czyli krzywą gęstości. Początkową masę m_1 paliwa w określonym zbiorniku można określić z równania:

$$m_1 = \rho_1(K_1) \cdot (V_{p1} - V_{w1}) \quad (2)$$

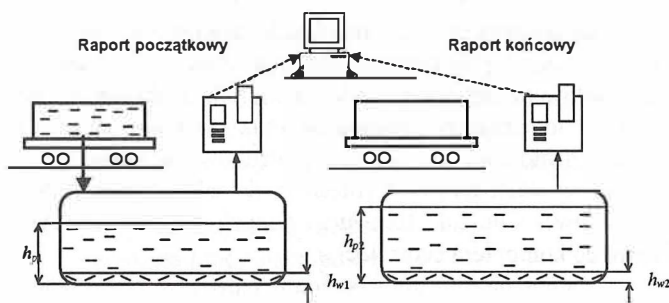
gdzie: $\rho_1(K_1)$ - gęstość paliwa o temperaturze K_1 ,

V_{p1} - początkowa objętość produktów w zbiorniku,

V_{w1} - początkowa objętość wody.

Rozpoczęcie wlewania paliwa do zbiornika powoduje wygenerowanie raportu początkowego przez kontroler systemu SiteSentinel (rys. 4), w którym zawarte są wartości zmierzone temperatury paliwa K_1 , poziomów produktów h_{p1} i wody h_{w1} . Umożliwia to obliczenie objętości i masy samego paliwa po sprowadzeniu gęstości zapisanej w komputerze centralnym do gęstości w temperaturze panującej w zbiorniku. Raport końcowy tworzony jest po ustabilizowaniu się falowania powierzchni paliwa.

W przypadku przepompowania paliwa pomiędzy zbiornikami, poprzez rozbudowany system rurociągów, może się pojawić dodatkowy raport wynikający ze ściekania paliwa z przewodów. Przyrost poziomu paliwa w zbiorniku w jednostce czasu jest jednak wówczas bardzo mały.



Rys. 4. Generowanie i zapis raportów podczas dostawy, zwrotu lub przepompowania paliwa

Po zakończeniu wlewania paliwa do zbiornika należy określić jego nową gęstość w temperaturze badania $\rho_2(K_2)$. Wartość ta, a także temperatura paliwa K_2 oraz poziomy produktów h_{p2} i wody h_{w2} w zbiorniku pozwalają na określenie masy m_2 paliwa z równania:

$$m_2 = \rho_2(K_2) \cdot (V_{p2} - V_{w2}) \quad (3)$$

gdzie: $\rho_2(K_2)$ - gęstość paliwa o temperaturze K_2 ,

V_{p2} - końcowa objętość produktów w zbiorniku,

V_{w2} - końcowa objętość wody.

Jest oczywiste, że masa paliwa przyjętego do zbiornika m_p jest różnicą mas określonych na podstawie raportu końcowego i początkowego:

$$m_p = m_2 - m_1 \quad (4)$$

Masa ta, w przypadku dostawy, powinna odpowiadać masie paliwa m_d deklarowanej w dokumentach przywozowych danej cysterny. Nie ma bowiem wystarczającej

pewności zarówno co do masy jak i objętości paliwa przywiezionego w cysternie. Dla zweryfikowania ilości paliwa dostarczonego można:

- przeprowadzić ważenie cysterny przed i po dostawie,
- zmierzyć gęstość paliwa w cysternie i porównać ją z deklarowaną przez dostawcę.

Pierwszy sposób jest stosunkowo kłopotliwy, ponieważ wymaga dwukrotnego doprowadzenia cysterny na wagę, natomiast drugi pozwala tego uniknąć.

Zmierzenie gęstości paliwa dostarczonego pozwala na porównanie jej z gęstością deklarowaną przez dostawcę. Każda z tych gęstości może być określana w innej temperaturze i dlatego wartości te powinny być sprowadzone do jednakowej temperatury odniesienia. Można także dla każdej gęstości określić numery charakterystyk zmian gęstości paliwa. Umożliwia to ocenę ewentualnych rozbieżności, jeśli masa paliwa przyjętego do zbiornika jest znacząco różna od deklarowanej i większa od ubytków naturalnych powstających podczas transportowania i przyjmowania paliwa.

Odpowiednie przeliczenia wartości ubytków mogą być wykonane podczas rejestrowania dostawy paliwa na komputerze centralnym. Może się to odbywać przy zastosowaniu specjalistycznego programu KAMCO STACJA PALIW [5], który oprócz przeliczeń masowych umożliwia rejestrację dodatkowych informacji związanych z dostawą paliwa do zbiorników. Służą do tego formularze rejestracji przedstawione na rys. 5+7. W oknach edycyjnych tych formularzy uzupełnia się tylko te dane, które nie mogą być pobrane z kontrolera systemu monitorowania poziomów paliwa w zbiornikach lub bazy własnej programu.

Nr cysterny	Rodz. cyst.	Masa nal. [kg]	Gęst. nal.	Gęst. lab.
78573044	4 - oisowa	49279.000	0.842	0.847

WPROWADZANIE CYSTERN DOSTAWY PALIWA

Numer cysterny: 78573044 Data dostawy: 01/12/2003
Rodzaj cysterny: 4 - oisowa Godz. dostawy: 14:49

Temp. dostawy: 9.0 [°C] Temp. bad. gęst.: 5.0 [°C]
Gęst. wg dostawy: 0.842 [kg/dm³] Gęst. z bazy: 0.847 [kg/dm³]
Krzywa gęstości: 139 Krzywa gęstości: 141

wysokość nalisu: 250.0 [mm] wys. zmierzona: 250.0 [mm]

Masa nal. paliwa: 49 279.000 [kg] Ubytek tran.: 256.395 [kg] (max. norma)

Rys. 5. Formularz rejestracji badania gęstości paliwa w cysternie oraz obliczenia ubytku transportowego

LISTA ZBIORNIKÓW DOSTAWY z dnia 1.12.2003 godz.14:49 KAMCO STACJA PALIW

Czy zapisać do bazy? tak nie

Zbiorn.	V począt.	Masa obl. [kg]
09	5667.893	48898.458

WPROWADZANIE DOSTAWY PALIWA

Numer zbiornika: 09 Data dostawy: 01/12/2003
Godz. dostawy: 14:49

H prod. początek: 26.816 H prod. koniec: 165.348 [mm]
H wody początek: 0.582 H wody koniec: 0.621 [mm]

Obj. pal. pocz.: 5 867.893 końc. obj. pal.: 63 165.650 [dm³]
Pocz. temp. dost.: 7.5 [°C] końc. temp. dost.: 4.3 [°C]
Pocz. gęst. dost.: 0.849 [kg/dm³] końc. gęst. dost.: 0.853 [kg/dm³]

Masa obl. paliwa: 48 898.458 [kg]
Ubytek przyjęcie: 9.780 [kg] (max. norma)

Rys. 6. Formularz automatycznego obliczenia masy paliwa dostarczonego do zbiornika oraz obliczenia wielkości dopuszczalnego ubytku przy przyjęciu

KSIĘGOWANIE DOSTAW PALIWA		KAMCO STACJA PALIW	
WPROWADZANIE DOSTAW PALIWA			
Dostawca:	Naftobazy sp. z o.o.	Data dostawy:	01/12/2003
Nr protokołu:	10	Godzina dostawy:	14:49
Nr dostawy:	54336	Masa og. dostawcy:	49 279.000 [kg]
Data naliczenia:	29/11/2003	Temp. og. dostawcy:	5.0 [C]
Rodz. ot. nap.:	F	Gęstość sr. dost.	0.847 [g/cm³]
Cena [zł]:	2.39	Sr. temp. podz. dost.	7.500 [C]
Indeks paliwa:	150242221519	Sr. temp. konca dost.	4.300 [C]
stan p.omb:	dobry	Masa obj. przybr.	48 898.458 [kg]
Nr dowodu:	43	Masa przyj. prot.	49 279.000 [kg]
Przyj.:	JAN NOWAK	Kodmierz:	- 380.542 [kg]
		Norma ubytków:	266.175 [kg]
		Przebieg:	1 - spisac w straty

Rys. 7. Formularz ostatecznej rejestracji dostawy paliwa

Ubytek transportowy jest określany w zależności od rodzaju cysterny i obejmuje dwa składniki, które dla oleju napędowego określa się następująco:

- normę ilości paliwa pozostającego w cysternie (u_1 równą 5 kg dla cysterny dwuosiowej i 10 kg dla czterosiowej),
- normę ubytku masy na parowanie podczas przewożenia ($0,005 \cdot m_d$).

Ubytek przy przyjmowaniu paliwa można określić mnożąc masę m_p przez współczynnik W_1 równy:

- 0,0003 w okresie letnim, od 1 kwietnia do 31 października,
- 0,0002 w pozostałym okresie roku.

Łącznie norma ubytków dla każdej dostawy paliwa może być określona ze wzoru:

$$u_c = u_1 + 0,005 \cdot m_d + W_1 \cdot m_p \quad (5)$$

Ostateczna ocena przyjęcia paliwa dostarczonego cysterną przez określonego dostawcę może nastąpić po porównaniu różnicy mas $m_d - m_p$ i sumy ubytków u_c .

Mogą tu zachodzić trzy przypadki:

- $0 < m_d - m_p < u_c$,
- $m_d - m_p > u_c$,
- $m_d - m_p < 0 < u_c$.

Pierwszy przypadek jest normalną i najczęściej spotykaną sytuacją przy dostawach paliwa do zbiorników stacji i nie wymaga podejmowania jakichkolwiek działań. Drugi dotyczy takiej sytuacji, w której następuje przekroczenie dopuszczalnej różnicy pomiędzy masą paliwa deklarowaną przez dostawcę i masą przyjętą do zbiornika. W zależności od wielkości przekroczenia obliczonej sumy ubytków oraz innych okoliczności z tym związanych możliwe jest podjęcie trzech działań:

- spisanie powstałej różnicy w straty przedsiębiorstwa,
- obciążenie kosztami wydawcy stacji paliw,
- złożenie reklamacji u dostawcy.

Ostatni z wymienionych przypadków, w którym masa paliwa deklarowana przez dostawcę jest mniejsza niż masa paliwa przyjętego, wykazywana przez urządzenia kontrolno-pomiarowe, jest również spotykany. Sytuacja taka może być wynikiem:

- błędnego działania urządzeń kontrolno-pomiarowych na stacji paliw lub u dostawcy,
- błędów popełnionych przy odczytach gęstości i temperatury paliwa podczas badań u dostawcy lub odbiorcy,
- pomyłek przy wypełnianiu dokumentów u dostawcy,
- celowych działań asekuracyjnych dostawcy (przy niewielkiej różnicy).

Zainstalowanie w stacji paliw urządzeń do ciągłego pomiaru poziomu paliwa stwarza możliwość kontrolowania wszelkiego rodzaju ubytków także w trakcie magazynowania. Pozwala to w efekcie na weryfikację norm ubytków, jak również wykrycie powstałych ewentualnych przecieków, co jest szczególnie istotne z ekologicznego punktu widzenia.

Przedstawiony system ułatwia obsługę stacji paliw i zwalnia personel z konieczności dokonywania szeregu pracochłonnych operacji poprzez m.in. automatyzację wszystkich obliczeń masowych paliwa dostarczanego, rejestrację danych i późniejszy szybki do nich dostęp. W efekcie końcowym można w ten sposób uzyskać obniżenie ponoszonych kosztów dzięki możliwości sprawnej weryfikacji masy paliwa dostarczanego do zbiorników stacji.

Literatura

- [1] Jarzmik K., Jedynak K., Sowa A., *Komputerowy system analizy pracy stacji paliw lokomotywowni PKP. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej "Postęp i przemiany PKP -1997"*. Tarnowskie Góry – Kokotek, 1997.
- [2] Jarzmik K., Jedynak K., Sowa A., *Komputerowy system wspomaganie pojazdów w przedsiębiorstwie komunikacyjnym. PAN Oddział w Krakowie, Teka Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji, z. 16 Interkonmot 98, Kraków, 1998.*
- [3] Jarzmik K., Jedynak M., Sowa A., *Komputerowy system wspomaganie gospodarki paliwami płynnymi w przedsiębiorstwie komunikacyjnym. Problemy Eksploatacji z.3/99. ITE Radom, 1999.*
- [4] Jedynak M., Sowa A., *System ciągłej transmisji danych dla bezzałogowej stacji paliw. Materiały XIV Konferencji Naukowej Pojazdy Szynowe 2000, Kraków, Artamów 2000.*
- [5] *Stacja paliw. Komputerowy system wspomaganie stacji paliw. Instrukcja obsługi. KAMCO, Kraków, 2000.*
- [6] *Instrukcja 25a. Zasady gospodarowania produktami naftowymi w przedsiębiorstwie PKP.*
- [7]. *PN-90/C-04004. Ropa naftowa i przetwory naftowe. Oznaczanie gęstości.*