

**Czasopismo Naukowo-Techniczne
Wydziału Inżynierii Mechanicznej UTP w Bydgoszczy**

Scientific-Technical Journal of
Mechanical Engineering Faculty of UT&LS Bydgoszcz



POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ

DEVELOPMENTS
IN MECHANICAL
ENGINEERING

2(1)

2013

Wydawnictwa Uczelniane
Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
w Bydgoszczy



ZESPÓŁ REDAKCYJNY
EDITORIAL BOARD

Przewodniczący (redaktor naczelny) – Editor-in-chief – Michał STYP-REKOWSKI

Redaktorzy Działowi – Branch editors:

Eksploatacja Maszyn <i>Machine Operating and Maintenance</i>	Bogdan LANDOWSKI
Inżynieria Biomedyczna <i>Biomedical Engineering</i>	Adam MAZURKIEWICZ
Inżynieria Produkcji <i>Production Engineering</i>	Marek SZCZUTKOWSKI
Mechanika i Konstrukcja Maszyn <i>Mechanics and Machinery Design</i>	Janusz ZACHWIEJA
Technika Rolnicza i Leśna <i>Agriculture and Woodland Engineering</i>	Marcin ZASTEMPOWSKI
Transport – Transport	Marcin ŁUKASIEWICZ
Sekretarz Zespołu – Executive secretary	Sylwester WAWRZY尼亚K

MIĘDZYNARODOWA RADA PROGRAMOWA
INTERNATIONAL PROGRAMME COMMITTEE

Bogdan ŻÓŁTOWSKI – **przewodniczący – chairman** (PL – UTP)

Maria ČZARNOGURSKÁ (SK)	Edmund DULCET (PL – UTP)
Jurek DUSZCZYK (NL)	Friedrich FRANEK (A)
Andrzej GOŁĄBCZAK (PL – PŁ)	Henryk HOLKA (PL – UTP)
Lidia ILIEVA-MITUTSOVA (BG)	Marian JANCZAREK (PL – PL)
Tomasz KICZKOWIAK (PL – PKo.)	Tomasz LIPIŃSKI (PL – UWM)
Ivan OBORSKI (Uk)	Dariusz OZIMINA (PL – PŚw.)
Manfred PAHL (D)	Kazimierz PESZYŃSKI (PL – UTP)
Jindřich PETRUŠKA (CZ)	Raj B.K.N. RAO (GB)
Yurij SHALAPKO (Uk)	Vasily S. SHEVCHENKO (BL)
Marian SZCZEREK (PL – ITE PIB)	Zdeněk TRÁVNÍČEK (CZ)

Opracowanie redakcyjne i techniczne – mgr Michał Górecki, mgr inż. Tomasz Szałajda

Projekt okładki – mgr inż. Daniel Morzyński

© Copyright

Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
Bydgoszcz 2013

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych bez pisemnej zgody posiadacz praw autorskich.

ISSN 2300-3383

Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
Redaktor Naczelny: prof. dr hab. inż. Józef Flizikowski
ul. ks. A. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz, tel. 52 3749482, 52 3749426
e-mail: wydawucz@utp.edu.pl <http://www.wu.utp.edu.pl>
Wyd. I. Nakład 80 egz. Ark. aut. 2,7. Ark. druk. 3,5.
Zakład Małej Poligrafii UTP Bydgoszcz, ul. ks. A. Kordeckiego 20

SPIS TREŚCI
CONTENTS

Marta Czarnowska, Klaudiusz Migawa Analiza gotowości pojazdów ciężarowych eksploatowanych w systemie międzynarodowego transportu samochodowego 5 Analysis of the availability of trucks operated in the system of international road transport	5
Dorota Eremus, Piotr Bojar Organizacja transportu paliw płynnych 15 Organization of liquid fuels transport	15
Piotr Grygorkiewicz Noise – Medium Multiversum 27 Noise – medium of a multiverse	27
Maciej Kotyk, Adam Troszyński Wpływ temperatury na ciśnienie w oponach samochodów ciężarowych 31 The influence of temperature on the pressure in tires of lorries	31
Monika Kuligowska, Piotr Bojar Analiza kosztów pokolizyjnych w systemie transportowym 41 Analysis of the collision costs in the transport system	41
Łukasz Pejkowski Wpływ kąta przesunięcia fazowego oraz stosunku amplitud składowych obciążenia zmęczeniowego na cechy ścieżek obciążenia w przestrzeni dewiatorowej 51 Influence of phase shift angle and stress components ratio of complex fatigue load on load paths features in deviatoric stress space	51
Lista recenzentów prac opublikowanych w 2013 roku 57 Reviewers list publication published in 2013	57

Marta CZARNOWSKA, Klaudiusz MIGAWA

**ANALIZA GOTOWOŚCI POJAZDÓW CIĘŻAROWYCH
EKSPLOATOWANYCH W SYSTEMIE
MIĘDZYNARODOWEGO TRANSPORTU SAMOCHODOWEGO**

Streszczenie: W pracy przeanalizowano gotowość środków transportu eksploatowanych w wybranym rzeczywistym systemie transportu drogowego. Gotowość środków transportu w istotny sposób wpływa na możliwość realizacji zadań przewozowych i utrzymywana jest na odpowiednim poziomie w wyniku realizacji procesów w podsystemie logistycznym, wykonywanych na stanowiskach zajezdni (procesy obsługi, naprawy, diagnozowania i zaopatrzenia). Obiektem badań było przedsiębiorstwo transportowo-spedycyjne zajmujące się przewozem ładunków na terenie Unii Europejskiej, krajów skandynawskich i Rosji. Na podstawie literatury opracowano wzory opisujące gotowość badanych środków transportu oraz dla danych eksploatacyjnych wyznaczono jej wartości. Rezultaty badań stanowią podstawę do opracowania założeń do budowy i skonstruowania matematycznego modelu wyznaczania i oceny gotowości środków transportu drogowego.

Słowa kluczowe: system transportowy, proces eksploatacji, gotowość

1. WPROWADZENIE

Głównym celem eksploatacji maszyny jest użytkowanie jej z maksymalną efektywnością, tj. zapewnienie urządzeniom racjonalnej i ekonomicznej pracy, przedłużenie okresu ich używalności i utrzymanie w stanie zdatności technicznej [2]. Cele te możliwe są do osiągnięcia dzięki prawidłowemu sterowaniu procesami realizowanymi w systemie i uzyskiwaniu odpowiednich wartości wskaźników, takich jak: gotowość, niezawodność, wydajność, efektywność itd. W pracy przeanalizowano jedną z podstawowych cech opisujących prawidłowe funkcjonowanie systemu technicznego, jaką jest gotowość eksploatowanych w nim obiektów technicznych. Na podstawie literatury przyjęto następującą definicję [6]: gotowość obiektu technicznego określona jest jako jego zdolność do terminowego osiągnięcia lub utrzymania stanu zdatności, umożliwiającego prawidłową realizację przydzielonego zadania (zadań).

W rzeczywistych systemach eksploatacji obiektów technicznych proces eksploatacji zależy od specyfiki danego systemu oraz celów realizowanych

mgr inż. Marta CZARNOWSKA, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Koło Naukowe Transportowców, ul. prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz,
e-mail: czarnowska.marta@gmail.com

dr inż. Klaudiusz MIGAWA, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, ul. prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz,
e-mail: klaudiusz.migawa@utp.edu.pl

przez system. Przez proces eksploatacji rozumie się wszystkie działania organizacyjno-technologiczne oraz ekonomiczne związane z obiektem technicznym od momentu jego pierwszego uruchomienia aż do chwili jego wycofania z użytkowania i likwidacji [1, 7]. Proces eksploatacji obiektów technicznych składa się z procesów składowych, wśród których jako główne można wyróżnić [3, 5, 8]:

- użytkowanie,
- obsługiwane,
- odnowę,
- diagnozowanie,
- zaopatrywanie,
- przechowywanie.

W trakcie eksploatacji obiekty techniczne mogą prawidłowo realizować przydzielone zadania jedynie wówczas, gdy przebywają w pewnym, określonym ze względu na rozpatrywane zadanie, zbiorze stanów eksploatacyjnych, tzw. stanów gotowości do realizacji przydzielonego zadania. W tym celu stany analizowanego modelu procesu eksploatacji należy podzielić na dwa zbiory [4, 6, 7]:

- **zbiór stanów gotowości (S_G)**, w których obiekt techniczny jest zdalny i może przystąpić do realizacji zadania w danej chwili lub też przed upływem ustalonego czasu,
- **zbiór stanów niegotowości (S_{NG})**, w których obiekt techniczny jest niezdatny do działania, a w efekcie terminowe rozpoczęcie i zrealizowanie przydzielonego zadania jest niemożliwe.

W celu wyznaczenia i analizy gotowości środków transportu opracowano model zdarzeniowy procesu eksploatacji realizowanego w badanym systemie transportu drogowego oraz dokonano podziału stanów eksploatacyjnych tego modelu na stany gotowości i niegotowości do realizacji przydzielonego zadania. Następnie dla danych eksploatacyjnych uzyskanych z badań wybranego rzeczywistego systemu eksploatacji wyznaczono wartości wskaźników gotowości środków transportu.

2. OBIEKT BADAŃ

Jako obiekt badań wybrano przedsiębiorstwo transportowo-spedycyjne, będące rzeczywistym systemem eksploatacji środków transportu drogowego (samochodów ciężarowych). Nadrzędnym celem badanego systemu eksploatacji środków transportu jest bezpieczny oraz terminowy przewóz ładunków na terenie krajów Unii Europejskiej, państw skandynawskich oraz Rosji. Dodatkowo realizowane są następujące usługi:

- diagnostyka i naprawa pojazdów,
- holowanie pojazdów,
- wynajem środków transportu.

Badany system eksploatacji środków transportu składa się z podsystemu wykonawczego (PW) oraz logistycznego (PL). Podsystem wykonawczy dzieli się na podsystemy elementarne typu operator – środek transportu (kierowca – pojazd ciężarowy) i bezpośrednio realizuje zadania przewozowe. W podsystemie tym znajdują się w obiekty techniczne, które są zdadne i mogą być użytkowane zgodnie z przeznaczeniem lub też z powodu braku zapotrzebowania oczekują na użytkowanie. Podsystem logistyczny składa się z podsystemu obsługi technicznych, podsystemu napraw oraz współpracującego z nimi podsystemu diagnostycznego. W podsystemie tym znajdują się niezdatne obiekty techniczne, które podlegają procesom obsługi, naprawy lub diagnozowania.

W tabeli 1 przedstawiono wykaz pojazdów eksploatowanych w badanym systemie transportu drogowego wraz z oznaczeniem kodowym, rokiem produkcji i przebiegiem poszczególnych środków transportu.

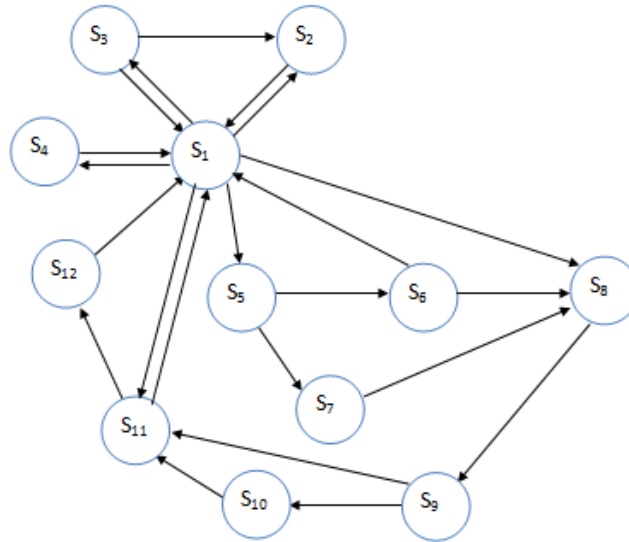
Tabela 1. Oznaczenia kodowe, typ, rok produkcji i przebieg pojazdów eksploatowanych w analizowanym systemie transportowym

Table 1. Code marking, type, production year and mileage of vehicles operated in the analyzed transportation system

Kod pojazdu	Typ pojazdu	Rok produkcji	Przebieg (tys. km)	Kod pojazdu	Typ pojazdu	Rok produkcji	Przebieg (tys. km)
D01	DAF 95 XF	2002	1312	D09	DAF 105 XF 410	2006	815
D02	DAF 95 XF	2003	1015	D10	DAF 105 XF 410	2007	340
D03	DAF 95 XF	2004	1030	D11	DAF 105 XF 460	2008	415
D04	DAF 95 XF	2004	1020	D12	DAF 105 XF 460	2010	200
D05	DAF 95 XF	2005	480	D13	DAF 105 XF 460	2010	180
D06	DAF 95 XF	2005	900	D14	DAF 105 XF 460	2011	60
D07	DAF 95 XF	2005	920	D15	DAF 105 XF 460	2011	60
D08	DAF 95 XF	2006	780	D16	DAF 105 XF 460	2011	60

3. ZDARZENIOWY MODEL PROCESU EKSPLOATACJI REALIZOWANEGO W OBIEKCIE BADAŃ

Środki transportu (samochody ciężarowe), użytkowane w badanym systemie transportu drogowego wraz z operatorami (kierowcy), w trakcie realizacji procesu eksploatacji przebywają w różnych stanach eksploatacyjnych tego procesu. W danej chwili każdy obiekt techniczny może znajdować się tylko w jednym z wyróżnionych stanów procesu eksploatacji [7]. Na podstawie identyfikacji badanego systemu transportowego i realizowanego w nim wielostanowego procesu eksploatacji środków transportu wyróżniono istotne stany analizowanego procesu i możliwe przejścia między nimi. Na tej podstawie zbudowano zdarzeniowy model procesu eksploatacji (rys.1), gdzie: S_1 – stan realizacji zadania przewozowego, S_2 – stan naładunku, S_3 – stan wyładunku, S_4 – stan postoju organizacyjnego, S_5 – stan uszkodzenia na trasie, S_6 – stan naprawy na trasie, S_7 – stan holowania, S_8 – stan oczekiwania na naprawę lub obsługę w zajezdni, S_9 – stan naprawy lub obsługi w zajezdni, S_{10} – stan diagnozowania w zajezdni, S_{11} – stan uzupełniania paliwa, S_{12} – stan oczekiwania w zajezdni na realizację zadania przewozowego.



Rys. 1. Graf skierowany odwzorowania procesu eksploatacji środków transportu realizowanego w analizowanym systemie transportowym

Fig. 1. Directed graph of the transport means operation and maintenance process mapping in the analyzed transportation system

4. WYZNACZENIE GOTOWOŚCI ŚRODKÓW TRANSPORTU EKSPLOATOWANYCH W OBIEKCIE BADAŃ

W celu wyznaczenia wartości wskaźnika gotowości środków transportu, należy dokonać podziału stanów eksploatacyjnych analizowanego procesu eksploatacji na dwa zbiory stanów:

- zbiór stanów gotowości obiektu technicznego – S_G ,
- zbiór stanów niegotowości obiektu technicznego – S_{NG} , do realizacji przydzielonego zadania transportowego.

Gotowość środków transportu eksploatowanych w systemie transportowym wyznaczana jest jako iloraz czasów przebywania w stanach gotowości oraz sumy czasów przebywania w stanach gotowości i niegotowości do realizacji przydzielonego zadania – zgodnie ze wzorem:

$$G_{OT} = \frac{\sum_{j=1}^{n_G} t_{Gj}}{\sum_{j=1}^{n_G} t_{Gj} + \sum_{j=1}^{n_{NG}} t_{NGj}} \quad (1)$$

gdzie:

G_{OT} – współczynnik gotowości pojedynczego obiektu technicznego (środka transportu),

t_{Gj} – j -ta realizacja czasu przebywania w stanach gotowości w badanym przedziale czasu,

- t_{NGj} – j -ta realizacja czasu przebywania w stanach niegotowości w badanym przedziale czasu,
 n_G – liczba wejść do stanów gotowości w badanym przedziale czasu,
 n_{NG} – liczba wejść do stanów niegotowości w badanym przedziale czasu.

lub w przypadku wyznaczenia wartości średnich czasów T_i przebywania w poszczególnych stanach eksploatacyjnych oraz częstości v_i wystąpienia poszczególnych stanów eksploatacyjnych, dla $i = 1, 2, \dots, 12$, na podstawie wzoru:

$$G_{OT} = \frac{\sum_{i=S_G} v_i \cdot T_i}{\sum_{i=1}^{12} v_i \cdot T_i} \quad (2)$$

Ze względu na specyfikę prowadzonej działalności w badanym systemie transportowym rozpatruje się gotowość środków transportu w przypadku, gdy dany środek transportu jest zdalny i zaopatrzony, a operator (kierowca) może przystąpić do realizacji zadania w dowolnej chwili. W rozpatrywanym modelu procesu eksploatacji, przedstawionym na rysunku 1, wyróżniono następujące stany gotowości obiektu technicznego (środka transportu):

- stan S_1 – stan realizacji zadania przewozowego,
- stan S_2 – stan naładunku,
- stan S_3 – stan wyładunku,
- stan S_{12} – stan oczekiwania w zajezdni na realizację zadania przewozowego.

Wzór (2) przyjmuje wówczas następującą postać:

$$G_{OT} = \frac{v_1 \cdot T_1 + v_2 \cdot T_2 + v_3 \cdot T_3 + v_{12} \cdot T_{12}}{\sum_{i=1}^{12} v_i \cdot T_i} \quad (3)$$

W celu wyznaczenia wartości wskaźnika gotowości badanych środków transportu na podstawie dokumentacji eksploatacyjnej prowadzonej w badanym systemie zebrano i przetworzono dane eksploatacyjne opisujące stany analizowanego procesu eksploatacji. Opracowane dane dotyczą 16 obiektów technicznych eksploatowanych w badanym systemie od 24.04.2011 do 17.07.2011. W tabeli 2 przedstawiono przykładowe dane eksploatacyjne dotyczące badanych środków transportu, gdzie:

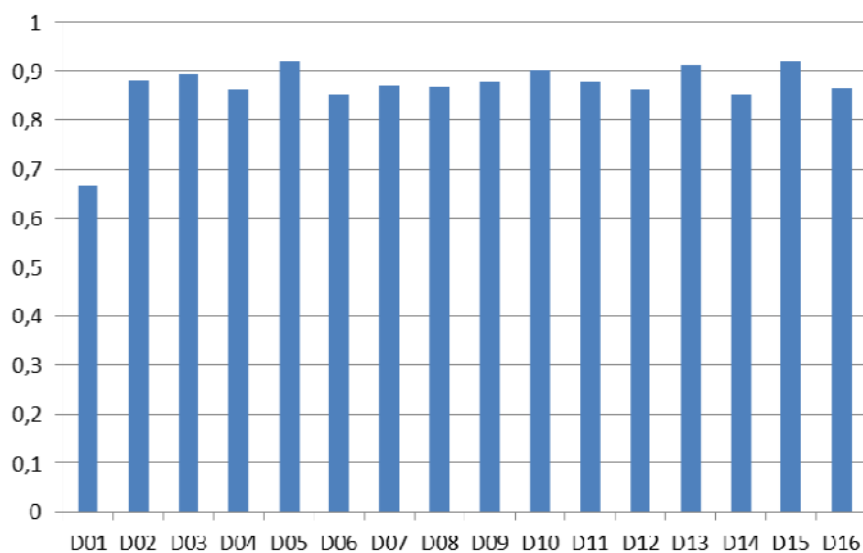
- n_i – liczba wejść do i -tego stanu procesu eksploatacji,
 v_i – częstość wystąpienia i -tego stanu procesu eksploatacji,
 t_i – sumaryczny czas przebywania w i -tym stanie procesu eksploatacji,
 T_i – średni czas przebywania w i -tym stanie procesu eksploatacyjnego.

Tabela 2. Wartości charakterystyk liczbowych stanów procesu eksploatacji, wyznaczone dla wybranych środków transportu użytkowanych w analizowanym systemie transportowym
 Table 2. Values of numerical characteristics of the operation and maintenance process states determined for particular transport means operated in the analysed transportation system

D01												
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
n_i	73	12	12	48	1		1		2	2	8	24
v_i	0,399	0,066	0,066	0,262	0,005		0,005		0,011	0,011	0,044	0,131
t_i [h]	234,57	5,00	11,67	618,15	0,83		1,00		43,00	2,00	1,92	1073,76
T_i [h]	3,21	0,42	0,97	12,88	0,83		1,00		21,50	1,00	0,24	44,74
D02												
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
n_i	98	24	24	51							25	12
v_i	0,419	0,103	0,103	0,218							0,107	0,051
t_i [h]	314,82	13,33	5,00	227,57							10,00	1421,28
T_i [h]	3,21	0,56	0,21	4,46							0,40	118,44

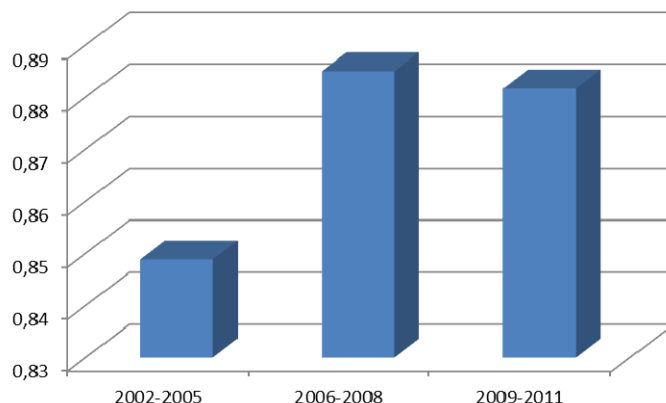
Dla danych eksploatacyjnych zebranych na podstawie informacji zawartych w dokumentacji prowadzonej w badanym systemie transportowym wyznaczono wartości wskaźnika gotowości obiektów technicznych (środków transportu) G_{OT} – określonego wzorem (3) – dla poszczególnych środków transportu eksploatowanych w badanym systemie oraz z podziałem na grupy wiekowe, przebieg kilometrowy i typ badanych środków transportu. Otrzymane wyniki przedstawiono na rysunkach 2-5.

Na rysunku 2 przedstawiono wartości wskaźnika gotowości wyznaczone dla poszczególnych środków transportu eksploatowanych w badanym systemie transportu drogowego.



Rys. 2. Wartości wskaźnika gotowości GOT wyznaczone dla środków transportu użytkowanych w analizowanym systemie transportowym
 Fig. 2. Values of availability GOT determined for transport means operated in the analysed transportation system

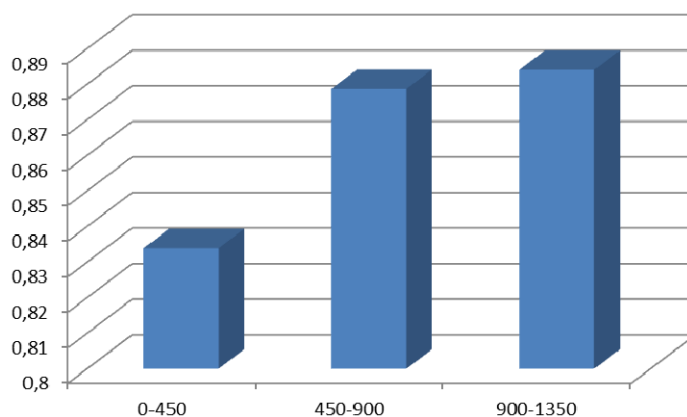
Na rysunku 3 przedstawiono wartości wskaźnika gotowości wyznaczone dla środków transportu eksploatowanych w badanym systemie transportu drogowego – ze względu na rok produkcji.



Rys. 3. Wartości wskaźnika gotowości GOT wyznaczone dla środków transportu ze względu na rok produkcji

Fig. 3. Values of availability GOT determined for transport means in terms of manufacture year

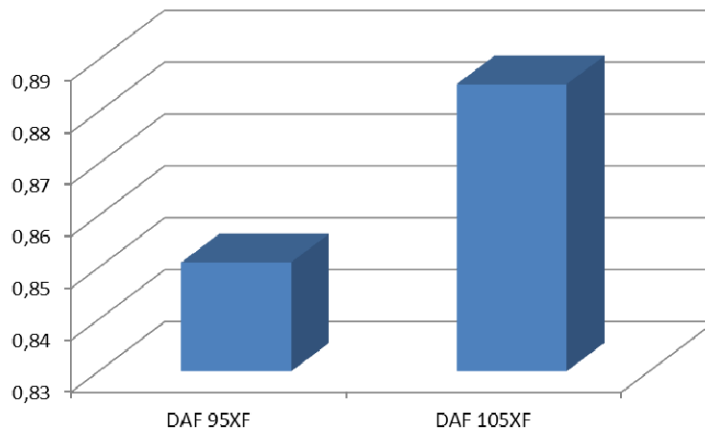
Na rysunku 4 przedstawiono wartości wskaźnika gotowości wyznaczone dla środków transportu eksploatowanych w badanym systemie transportu drogowego – ze względu na przebieg kilometrowy (w tys. km).



Rys. 4. Wartości wskaźnika gotowości GOT wyznaczone dla środków transportu ze względu na przebieg kilometrowy (tys. km)

Fig. 4. Values of availability GOT determined for transport means in terms of kilometre course (thousand km)

Na rysunku 5 przedstawiono wartości wskaźnika gotowości wyznaczone dla środków transportu eksploatowanych w badanym systemie transportu drogowego – ze względu na typ pojazdu.



Rys. 5. Wartości wskaźnika gotowości GOT wyznaczone dla środków transportu ze względu na typ pojazdu

Fig. 5. Values of availability GOT determined for transport means in terms of vehicle type

5. PODSUMOWANIE

Na podstawie danych eksploatacyjnych oraz wyników badań wyznaczono wartości wskaźnika gotowości środków transportu eksploatowanych w badanym systemie transportu drogowego.

Wskaźnik G_{OT} jest podstawowym wskaźnikiem (podawanym w literaturze) wykorzystywanym do oceny gotowości obiektów technicznych (np. środków transportu) i uwzględnia typowe stany gotowości, tj. stan realizacji zadania przewozowego, stan naładunku, stan wyładunku, stan oczekiwania w zajezdni na realizację zadania przewozowego, czyli wyraża możliwość przystąpienia do realizacji zadania w dowolnej chwili t zarówno ze względu na gotowość obiektu technicznego (środka transportu), jak i gotowość operatora (kierowcy).

Największa wartość wskaźnika gotowości wyniosła $G_{OT} = 0,9206$ i dotyczy obiektu technicznego (środka transportu) oznaczonego kodem D15, natomiast najmniejsza wartość dotyczy obiektu oznaczonego kodem D01 i wynosi $G_{OT} = 0,6652$. Znaczna rozbieżność wyznaczonych wartości wynika z faktu, że pojazd D15 należy do grupy pojazdów najmłodszych, o niewielkim przebiegu, natomiast pojazd D01 jest pojazdem najstarszym spośród eksploatowanych w badanym systemie, z największym przebiegiem.

Następnie dokonano analizy wyznaczonych wartości wskaźnika gotowości badanych obiektów technicznych G_{OT} ze względu na rok produkcji, przebieg kilometrowy oraz typ pojazdu. W grupie pojazdów analizowanych ze względu na rok produkcji największym wskaźnikiem gotowości ($G_{OT} = 0,8850$) charakteryzowały się obiekty wyprodukowane w latach 2006-2008. W przypadku analizy gotowości obiektów technicznych ze względu na przebieg największym wskaźnikiem gotowości ($G_{OT} = 0,8840$) charakteryzowały się pojazdy z przebiegiem 900-1350 tys. kilometrów. Większa wartość wskaźnika gotowości pojazdów ty-

pu DAF 105 XF wynika z faktu, że pojazdy tego typu są nowsze, o mniejszych przebiegach w porównaniu z pojazdami typu DAF 95 XF.

Podsumowując, wskaźniki gotowości środków transportu eksploatowanych w badanym systemie przyjmują duże wartości (w przedziale $G_{OT} = 0,8339 \div 0,8852$). Oznacza to, że w badanym systemie zadania transportowe oraz procesy obsługo-naprawcze są realizowane w sposób prawidłowy.

Analiza wartości wskaźnika gotowości środków transportu jest istotnym elementem umożliwiającym i ułatwiającym sterowanie złożonym procesem eksploatacji w sposób racjonalny i efektywny, ponieważ w przypadku spadku wartości wskaźnika gotowości poniżej przyjętej wartości dopuszczalnej można szybko i w łatwy sposób zauważyć nieprawidłowości w funkcjonowaniu obiektu (systemu) technicznego i zastosować odpowiednie działania naprawcze (podjąć odpowiednie decyzje sterowania procesem eksploatacji).

LITERATURA

- [1] BORGON J., JAŻWIŃSKI J., SIKORSKI M., WAŻYŃSKA-FIOK K.: Niezawodność statków powietrznych. ZETOM, Warszawa 1992.
- [2] HORECKI S.: Efektywność ekonomiczna eksploatacji pojazdów samochodowych w przedsiębiorstwie transportowym. WKŁ, Warszawa 1984.
- [3] JACYNA M.: Modelowanie i ocena systemów transportowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
- [4] JAŻWIŃSKI J., WAŻYŃSKA-FIOK K.: Bezpieczeństwo systemów. PWN, Warszawa 1993.
- [5] WAŻYŃSKA-FIOK K.: Podstawy teorii eksploatacji i niezawodności systemów transportowych. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1993.
- [6] WOROPAY M., SZUBARTOWSKI M., MIGAWA K.: Model oceny i kształtowanie gotowości operacyjnej podsystemu wykonawczego w systemie transportowym. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom 2003.
- [7] WOROPAY M., ŻUREK J., MIGAWA K.: Model oceny i kształtowanie gotowości operacyjnej podsystemu utrzymania ruchu w systemie transportowym. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom 2003.
- [8] ŻUREK J.: Problemy gotowości techniki lotniczej. Problemy badań i eksploatacji techniki lotniczej. Tom 2, Rozdział 13, Wydawnictwo ITWL, Warszawa 1993.

ANALYSIS OF THE AVAILABILITY OF TRUCKS OPERATED IN THE SYSTEM OF INTERNATIONAL ROAD TRANSPORT

Summary: In this article there is presented the availability of transport means in the selected system of road transportation. Availability of transport means has a significant influence on the capability of the transport task accomplishment and is maintained at a proper level due to realization of processes carried out within the logistic system on stands of a depot (servicing, repairing, diagnosing and supplying processes). The research object is a transportation-shipping company carrying loads on the territory of the European Union, Scandinavian countries and Russia. Based on the literature developed models which describing the availability of respondents means of transport for operational data and determined its value. The results of tests provide basis for elaboration of assumptions to build a mathematical model of availability of road transport means.

Key words: transport system, operation and maintenance process, availability

POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ DEVELOPMENTS IN MECHANICAL ENGINEERING

2(1)/2013, 15-25

Czasopismo naukowo-techniczne – Scientific-Technical Journal

Dorota EREMUS, Piotr BOJAR

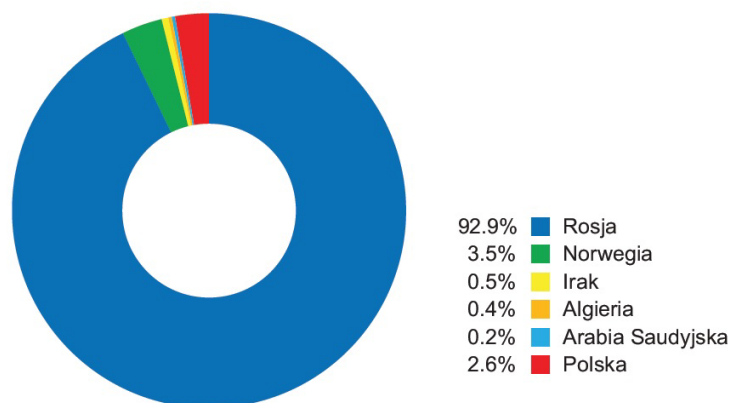
ORGANIZACJA TRANSPORTU PALIW PŁYNNYCH

Streszczenie: W związku z rosnącym zapotrzebowaniem odbiorców na paliwa płynne istnieje potrzeba organizowania ich transportu i dystrybucji. Od ponad wieku funkcjonują firmy zajmujące się wydobyciem, przetwarzaniem ropy naftowej i dystrybucją jej produktów na poziomie hurtowych ilości na potrzeby danego kraju. W Polsce wydobywa się 700÷900 tys. ton ropy naftowej przy potrzebach polskich rafinerii wynoszących 20 mln ton w skali roku. Duże zapotrzebowanie na ropę naftową przyczynia się do importowania ropy z innych krajów. Na przykładzie wybranej stacji paliw jednego z wiodących koncernów przedstawiono organizację dostaw paliw do stacji.

Słowa kluczowe: system transportowy, proces transportowy, paliwo płynne

1. WPROWADZENIE

Import ropy naftowej do Polski w ilości 92,9% ogółu importowanych paliw płynnych pochodzi z Rosji (za pośrednictwem rurociągu „Przyjaźń” – rys. 1). Odbiorcami są dwie rafinerie: „Lotos” w Gdańsku oraz „PKN Orlen” w Płocku.



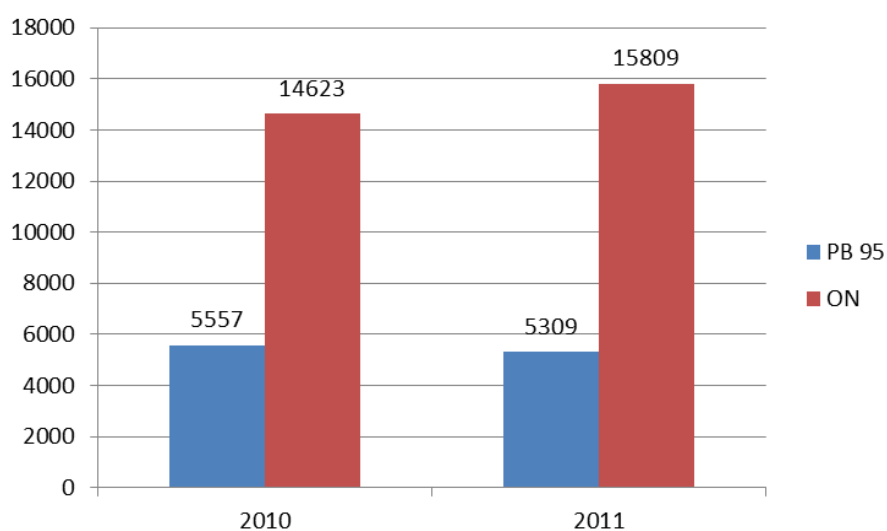
Rys. 1. Udział w dostawach ropy naftowej do rafinerii krajowych [8]

Fig. 1. Share of supply of crude oil to domestic refineries [8]

mgr inż. Dorota EREMUS, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Koło Naukowe Transportowców, ul. prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz, e-mail: dorotea78@wp.pl

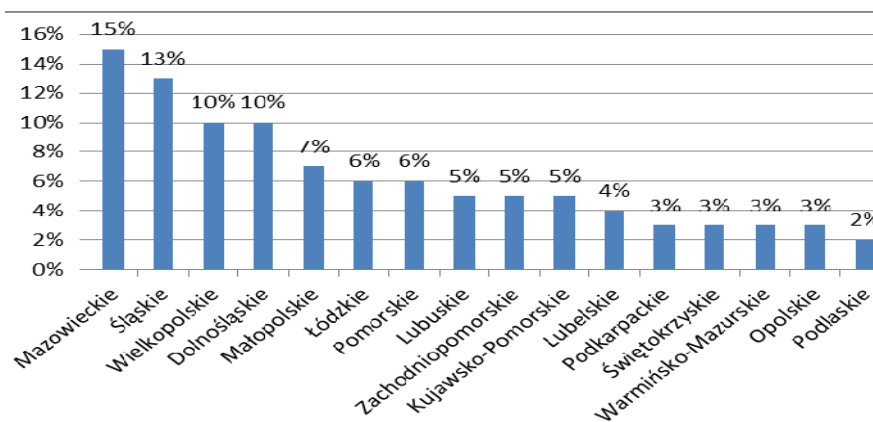
dr inż. Piotr BOJAR, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, ul. prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz, e-mail: p-bojar@utp.edu.pl

Produkty przetworzenia ropy naftowej z rafinerii trafiają do odbiorców poprzez rozbudowaną sieć logistyczną. Polska Organizacja Przemysłu i Handlu Naftowego (POPiHN) [8] przeprowadziła badania na temat zużycia paliw płynnych w Polsce. Największy popyt jest na benzyny i olej napędowy, przy czym sprzedaż oleju napędowego wykazuje tendencje wzrostu sięgającego 7,5% w latach 2010÷2011. W tym okresie sprzedaż oleju napędowego wzrosła z 14623 tys. ton do 15809 tys. ton, a sprzedaż benzyn zmniejszyła się z 5557 tys. ton w 2010 roku do 5309 tys. ton w 2011 roku, co stanowi spadek na poziomie 4%. Zmianę ilości sprzedaży paliw w rocznym ujęciu porównawczym przedstawiono na rysunku 2.



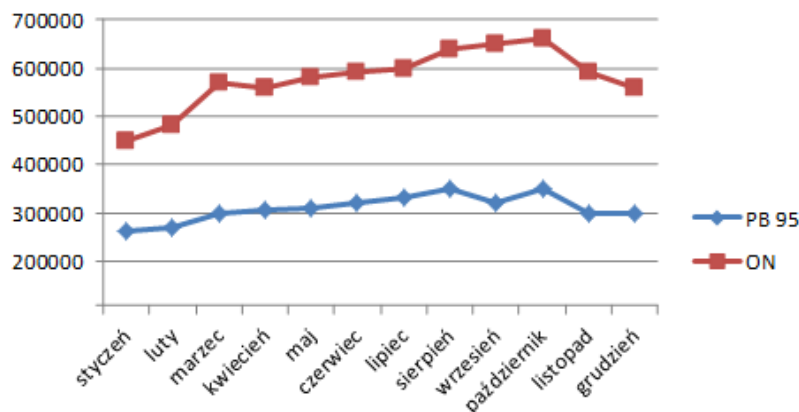
Rys. 2. Krajowe zużycie paliw płynnych w roku 2010 i 2011 (tys. m³) [8]
 Fig. 2. Domestic consumption of liquid fuels in 2010 and 2011 (tys. m³) [8]

Istnieje różnica w ilości sprzedanych paliw w poszczególnych województwach Polski. Różnice te prawdopodobnie związane są ze stopą życiową ludności, a także stopniem rozwoju gospodarczego danego województwa. Dane POPiHN z 2012 r. [8] wskazują, że największą sprzedaż paliw w Polsce odnotowano w województwie mazowieckim – 15%, natomiast najmniejszą w województwie podlaskim – 2% krajowej sprzedaży paliw (rys. 3). Opisujący w pracy obiekt znajduje się w województwie kujawsko-pomorskim; jego sprzedaż wynosi 5% krajowej sprzedaży paliw. Średnia sprzedaż paliw w Polsce wynosi 6,25% ogólnej sprzedaży paliw, z odchyleniem standardowym 3,8%.



Rys. 3. Sprzedaż detaliczna paliw silnikowych firm POPiHN w Polsce [8]
 Fig. 3. Retail sales of motor fuels POPiHN companies in Poland [8]

Z danych POPiHN przedstawionych na rysunku 4 wynika, że istnieje dynamika sprzedaży paliw w ciągu roku.

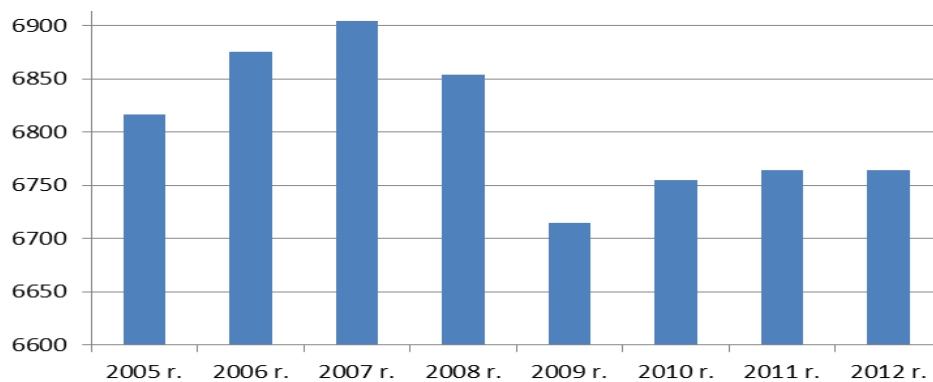


Rys. 4. Sprzedaż paliw silnikowych na stacjach POPiHN w 2012 roku, (m³) [8]
 Fig. 4. Sale of motor fuel stations POPiHN in 2012, (m³) [8]

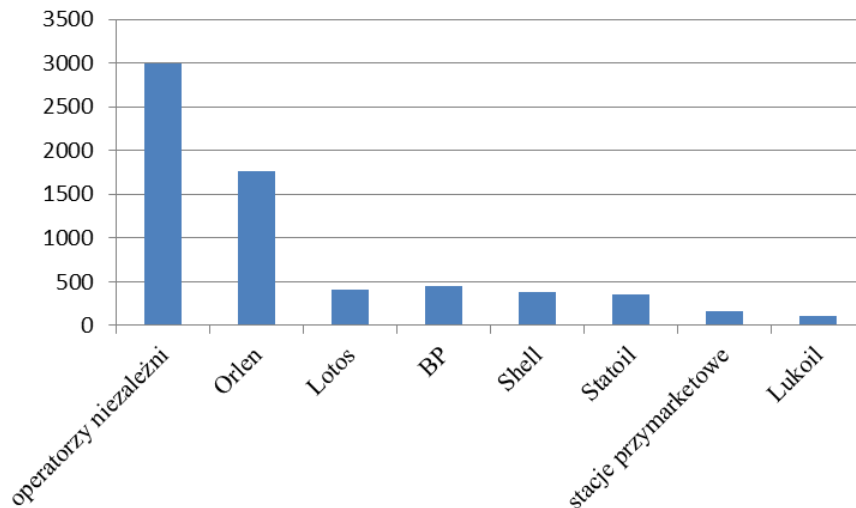
Wzrost zapotrzebowania na paliwa zanotowano od marca do października. Spowodowane jest to prawdopodobnie ciepłym okresem sprzyjającym pracom budowlanym, jak również letnim sezonem turystycznym od czerwca do września. Różnice w ilości sprzedaży mogą też być wynikiem zmian trendu na rynku paliw lub wahaniami ich cen. W 2012 roku w Polsce trwały prace przygotowujące miasta, drogi, stadiony dla turystów i kibiców odwiedzających Polskę w związku z imprezami piłkarskimi Euro 2012. W przygotowania było zaangażowanych bardzo wiele firm różnych branż. Taka skala zaangażowania ludzi i sprzętu miała wpływ na sprzedaż paliw na stacjach członkowskich POPiHN. Kibice i turyści z kraju i zagranicy korzystali z usług na stacjach paliwowych, dokonując zakupu paliw.

2. STACJE PALIW W POLSCE

Liczba stacji zmniejszyła się z 6.854 w 2008 roku do 6.715 w 2009 roku, czyli o 139 obiektów, co stanowi spadek o 1,9% liczby stacji w porównaniu z 2008 rokiem. Było to spowodowane prawdopodobnie kryzysem finansowym mającym wpływ na wiele segmentów gospodarki na całym świecie. Na podstawie danych przedstawionych na rysunku 5 można stwierdzić, że od 2010 roku zauważa się stabilizację w liczbie działających na polskim rynku stacji. Z opublikowanego przez Polską Organizację Przemysłu i Handlu Naftowego w 2012 roku raportu wynika, że największy udział w rynku mają operatorzy niezależni – 3000 stacji (rys. 6).

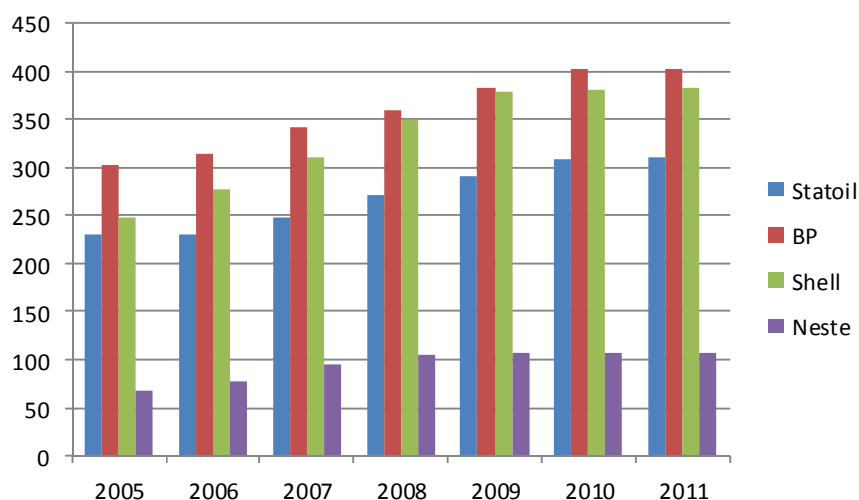


Rys. 5. Ogólna liczba stacji benzynowych w Polsce [8]
Fig. 5. The total number of petrol stations in Poland [8]

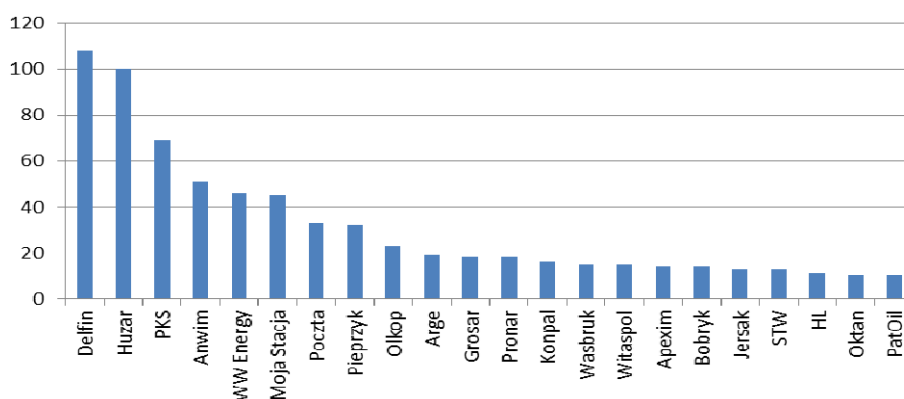


Rys. 6. Zestawienie liczby stacji paliwowych różnych operatorów w 2012 roku w Polsce [6]
Fig. 6. Comparison of the number of different operators of the gas station in 2012 in Poland [6]

Na rysunku 7 przedstawiono udział w rynku sprzedaży paliw poszczególnych zagranicznych koncernów paliwowych. Zauważa się dominację trzech z nich: Statoil, BP, Shell. Liczba stacji należąca odpowiednio do tych koncernów wynosi od 300-400. Koncerny należą do POPiHN, która monitoruje wielkości i trendy sprzedaży na rynku paliw. Rynek detaliczny (na koniec 2012 roku) to około 6,8 tysięcy stacji paliw, przy czym około 47% na tym rynku stanowią obiekty niezależne, operujące pod własnymi szyldami prywatnych sieci paliwowych. Stacji należących do prywatnych sieci jest coraz więcej. Stanowią one obecnie coraz atrakcyjniejsze źródło zaopatrywania się kierowców w paliwa (rys. 8). Liderem wśród stacji niezależnych jest Delfin – 108 stacji i Huzar – 100 stacji. Najmniej stacji sprzedających paliwa płynne należy do PatOil oraz Oktan – po dziesięć stacji.



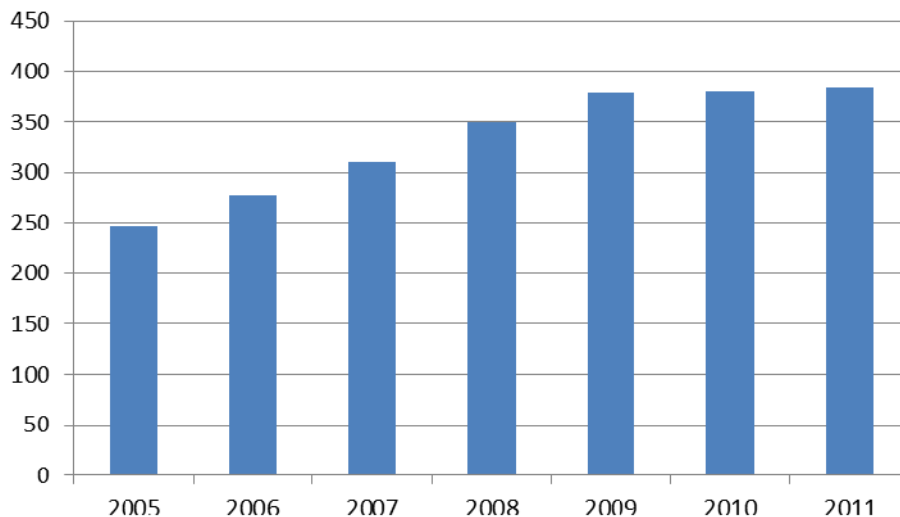
Rys. 7. Stacje największych zagranicznych koncernów w Polsce w latach 2005-2011 [8]
 Fig. 7. Stations of the biggest foreign companies in Poland in 2005-2011 [8]



Rys. 8. Stacje paliw w sieciach operatorów niezależnych 2012 roku [6]
 Fig. 8. Fuel stations in the networks of independent operators in 2012 [6]

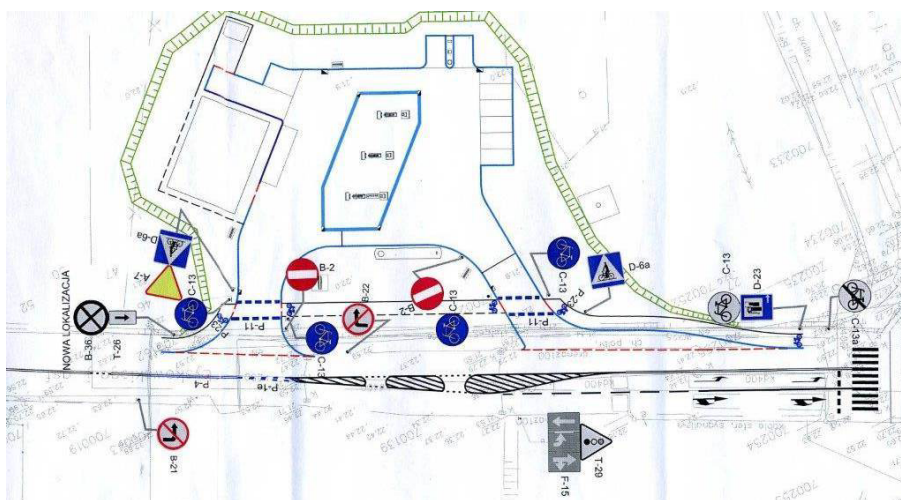
3. OBIEKT I PRZEDMIOT BADAŃ

Shell utrzymuje 3. miejsce w rankingu rynku stacji paliw [7]. Shell w 2002 roku jako pierwszy wprowadził paliwa szlachetne Shell V-Power, również jako pierwszy nowe paliwa Fuel Save, zastępujące paliwa podstawowe, których zadaniem jest zmniejszenie zużycia paliwa w pracy silników. Shell, chcąc pomóc kierowcom zaoszczędzić pieniądze, opracował rozwiązania, dzięki którym można efektywniej wykorzystywać energię chemiczną zawartą w paliwach płynnych. Od momentu wprowadzenia paliw szlachetnych odnotowano na stacjach Shell wzrost sprzedaży zarówno benzyn, jak i olejów napędowych. Koncern zwiększa potencjał stacji w odpowiedzi na wzrost popytu na paliwa przypadającego na statystycznego mieszkańca Polski. Rozwój dróg, który zachęca do częstszego przemieszczania, jest kolejną z możliwych przyczyn wzrostu konsumpcji. Sieć Shell w Polsce liczy w sumie 374 stacje, w tym 305 własnych i 69 partnerskich (rys. 9).



Rys. 9. Liczba stacji Shell w Polsce
Fig. 9. Shell station in Poland

Badana stacja benzynowa jest usytuowana na skrzyżowaniu ulicy Jana Pawła II (będącej drogą krajową nr 55, pełniącą funkcję drogi tranzytowej) oraz ulicy Łyskowskiego (droga powiatowa nr 3126 C) w Grudziądzu (rys. 10). Droga tranzytowa, przy której umiejscowiony jest obiekt badań, łączy północną część Grudziądza z częścią południową miasta i prowadzi do węzła autostradowego „Grudziądz” autostrady A1. Trasa łączy drogę nr 55 z Torunia z drogą nr 16 w kierunku Olsztyna. Jest to dobra lokalizacja ze względu na duże natężenie ruchu związanego z omijającą miasto drogą tranzytową. Pojazdy poruszające się po tej drodze często korzystają z usług stacji [2].



Rys. 10. Plan sytuacyjny lokalizacji stacji
 Fig. 10. Site plan of station location

Badana stacja została oddana do użytku w styczniu 2011 roku. Jest jedyną stacją na Trasie Średnicowej. Obiekt badań jest oddalony od centrum miasta zaledwie o 2 km. Stacja pracuje całodobowo z trzydziestominutową przerwą na przeprowadzenie czynności związanych z finansowym rozliczeniem dobowym (23^{30} - 24^{00}). W godzinach 22^{00} - 6^{00} sprzedaż prowadzona jest przez okienko do sprzedaży nocnej.

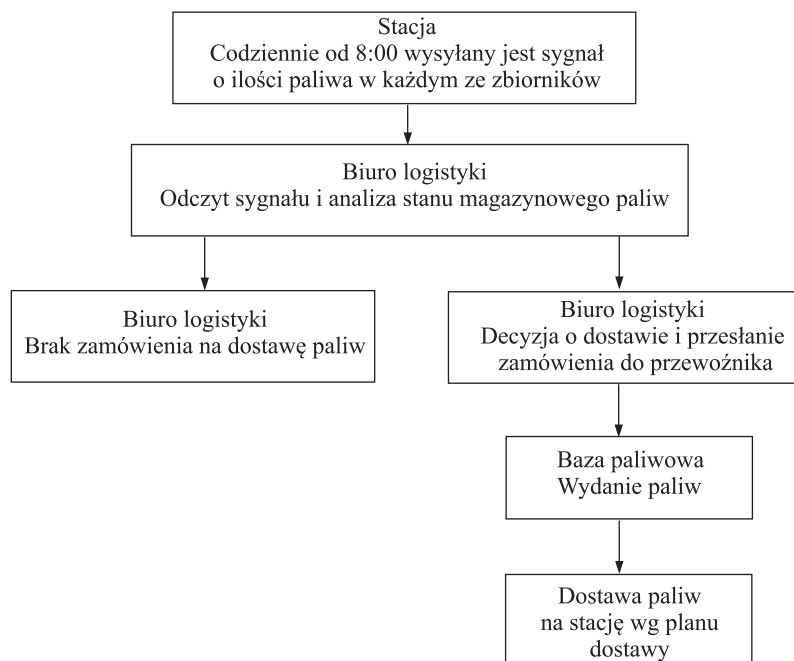
4. ORGANIZACJA TRANSPORTU PALIW PŁYNNYCH NA WYBRANEJ STACJI

Stacja otrzymuje paliwa zgodnie z zapotrzebowaniem, to znaczy około 1 do 2 razy w tygodniu. W sprzedaży produktów nie zdarzają się przestoje spowodowane brakiem asortymentu. Brak ciągłości w sprzedaży paliw powoduje mniejszy przychód, a w konsekwencji utratę wiarygodności klienta do sieci oraz poważne koszty serwisowe. Jeśli doszłoby do zapowietrzenia rurociągu technologicznego oraz odmierzaczy paliw, niezbędna byłaby pomoc serwisu, którego wizyta wiąże się z dużymi kosztami. Dlatego dostępność wszystkich rodzajów paliw warunkuje rzetelność pracowników stacji (w tym również dostawcy paliw) i bezpieczeństwo klientów. Na wybranej stacji około 1/3 to klienci regulujący płatność za zatankowane paliwo kartą flotową (karta stałego klienta). Utrata tych klientów byłaby zatem stratą dla sieci.

O ilości paliwa w zbiorniku kierownik stacji dowiaduje za pomocą urządzeń komunikujących na zasadzie telemetrii (urządzenie do odczytu stanu paliw w zbiornikach zainstalowane jest wewnątrz budynku stacji). Urządzenie za pomocą sond wbudowanych wewnątrz zbiorników paliwowych odczytuje stan ilości paliw w zbiornikach, a następnie przesyła informacje do biura logistyki, gdzie podejmowane są decyzje, kiedy nastąpi transport paliwa do stacji. Biuro

logistyki każdego dnia odbiera raporty o ilości paliw w zbiornikach, tak by nie zaistniały braki w ilości magazynowanych paliw.

Na rysunku 11 przedstawiono proces monitorowania i uzupełniania stanu magazynowego paliw w badanym obiekcie. Widoczny jest podział obowiązków należących do poszczególnych zespołów systemu dystrybucji.



Rys. 11. Schemat monitoringu paliw na stacji
Fig. 11. Schematic monitoring of fuel at station

Ważnym aspektem w dostarczeniu zapasu paliw do stacji jest sezonowość. Okres letni (wakacyjny) sprzyja większej liczbie podróży, dlatego zwiększa się ilość tankowanego paliwa. W sezonie letnim ze względu na pogodę sprzyjającą pracom budowlanym zdecydowanie więcej razy w ciągu tygodnia niż w pozostałych porach roku zostaje tankowany ciężki sprzęt.

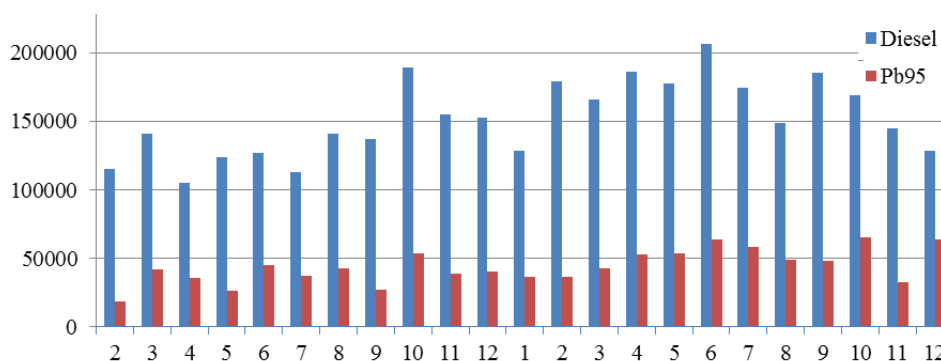
Należy też wspomnieć o okresowym odświeżaniu paliw (rys. 12). „Przez odświeżanie należy rozumieć wymianę magazynowanych produktów naftowych na świeże produkty [5].

Interesującą kwestią jest sprzyjający wpływ sezonu letniego na wzrost sprzedaży paliw z dodatkami uszlachetniającymi. Prawdopodobną przyczyną jest chęć ich wypróbowania przez kierowców podczas dłuższych wakacyjnych podróży. W sezonie zimowym klienci częściej wybierają paliwa szlachetne (tab. 1). Prawdopodobnie powodem takiego wyboru jest zastosowana w paliwach z dodatkami uszlachetniającymi skuteczna technologia oczyszczania podzespołów silnika (wtrysków paliwowych, gaźników, grzybków zaworowych), która poprawia zarówno osiągi silnika, jak i reakcje samochodu podczas co-

dziennej jazdy. „Unikalna formuła podwójnego działania opracowana w laboratoriach Shell oznacza, że paliwa V-Power mają właściwości czyszczące i jednocześnie chroniące systemy wtryskowe tak, aby mogły pracować w pełni swojego potencjału. Formuła V-Power nie tylko pomaga w usuwaniu osadów w systemach wtryskowych silnika, które są efektem stosowania innych paliw, ale chroni silnik przed ich ponownym powstawaniem. Dzięki temu pracuje on z większą łatwością, a energia czerpana z paliwa może być skutecznie przekazywana do układu napędowego” [3]. To właśnie dzięki tym właściwościom klienci zimą częściej wybierają paliwa szlachetne.

Tabela 1. Harmonogram dostaw paliw w wybranych miesiącach
Table 1. Schedule of fuel supplies in selected months

Miesiąc	3	8	12	3	8	12
rok		2011			2012	
1	07-03-2011	02-08-2011	01-12-2011	01-03-2012	04-08-2012	04-12-2012
2	11-03-2011	11-08-2011	03-12-2011	05-03-2012	07-08-2012	09-12-2012
3	14-03-2011	14-08-2011	08-12-2011	09-03-2012	12-08-2012	12-12-2012
4	18-03-2011	16-08-2011	11-12-2011	13-03-2012	14-08-2012	16-12-2012
5	22-03-2011	21-08-2011	14-12-2011	14-03-2012	20-08-2012	19-12-2012
6	28-03-2011	26-08-2011	17-12-2011	17-03-2012	25-08-2012	25-12-2012
7	30-03-2011	31-08-2011	21-12-2011	21-03-2012	27-08-2012	30-12-2012
8			22-12-2011	22-03-2012	30-08-2012	
9			26-12-2011	24-03-2012		
10			30-12-2011	28-03-2012		
11				30-03-2012		



Rys. 12. Zestawienie ilości dostarczanych paliw w miesięcznych dostawach w okresie dwóch lat (2011-2012)

Fig. 12. Summary of the amount of fuel supplied in monthly deliveries in the two years (2011-2012)

Na stacji stosuje się marketingowe kryteria oceny efektywności dystrybucji [1]. Pierwsza ze stosowanych metod opiera się na wykonywaniu zakładanych planów sprzedaży, tzw. „target” (tab. 2). Polega na tym, że kierownik stacji paliwowej otrzymuje od koncernu plan sprzedaży produktów, po czym jest odpo-

wiedzialny za wykonanie zakładanego planu w jak największym procencie (100%). Zakładany plan sprzedaży jest przygotowywany dla każdej stacji paliwowej na podstawie wyników sprzedaży z poprzednich miesięcy i lat („historia”). Zakładana przez koncern sprzedaż określonych produktów ulega więc comiesięcznej modyfikacji. Rola kierownika polega na przestrzeganiu przez pracowników określonego sposobu obsługi klienta, gdyż właściwy, opracowany przez koncern model obsługi skutkuje osiągnięciem większego procentu wypełnienia planu (założenie koncernu). Wypełnienie planu sprzedaży wiąże się z dodatkowym wynagrodzeniem pracowników stacji.

Drugą metodą badania efektywności dystrybucji jest stosowanie tzw. „aktywnej sprzedaży”. Proponowanie klientom zakupu określonych produktów nazywa się „aktywną sprzedażą”. Koncern zakłada, iż pewien wyliczony procent całej dziennej sprzedaży powinien dotyczyć określonego produktu. Wartość procentu zależy od rodzaju produktu, który znajduje się na liście „aktywnej sprzedaży”. Przykładem wartości procentowej dokonanej sprzedaży jest zestawienie kawy i napoju energetyzującego znanej firmy. Kawa powinna być sprzedawana w ilości 20% dziennej liczby transakcji paliwowych, a napoje energetyzujące w ilości 10%. Produkty aktywnej sprzedaży są polecane przez pracowników obsługujących klientów przy dystrybutorach oraz przy kasach. Przykładem produktów polecanych przez pracowników placowych są: płyn do spryskiwaczy, olej silnikowy, a produktów proponowanych do sprzedaży przez pracowników sklepowych np.: kawa, hot-dogi, napoje energetyzujące. Istotne jest, aby podczas polecenia produktu była zachowana wymagana procedura obsługi klienta, gdyż ilość sprzedanych produktów, a także sposób ich zaproponowania są oceniane i wpływają na ocenę stacji.

Tabela 2. Przedstawienie liczbowe wykonania zakładanego planu sprzedaży sumujący miesięczną działalność stacji

Table 2. Presentation of the numerical implementation of the projected monthly sales plan summing activity stations

Miesiąc 01/2012	Plan	Poziom realizacji planu	Realizacja planu (%)	KPI	Waga
V-POWER 95 (litr)	2.469,00	12.554,66	508,49	50,85	10%
V-POWER DIESEL (litr)	9.160,00	17.230,15	188,10	18,81	10%
V-POWER RACING (litr)	599,00	1.578,19	263,47	26,35	10%
Płyny Shell smart 1082 1087 (litr)	775,00	500,13	64,53	6,45	10%
Oleje 1-litrowe (szt.)	31,00	16,53	53,33	2,67	5%
Red Bull (szt.)	105,00	238,00	226,67	22,67	10%
PALIWO rabaty (szt.)	1.302,00	1.463,00	112,37	16,85	15%
VPdrink +PPolo (szt.)	120,00	164,00	136,67	13,67	10%
Smart aplikacje	372,00	169,00	45,43	4,54	10%
SPRZEDAŻ SKLEP (sklep + alkohol + FF + myjnia netto) (PLN)	80.355,00	65.385,08	81,37	8,14	10%
Suma KPI dla premii stacji				170,99	100%

5. PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki badań efektywności dystrybucji paliw płynnych i jakości świadczonych usług wskazują, iż na badanej stacji system dystrybucji pracuje poprawnie. W okresie dwóch lat stacja nie odnotowała przestojów z powodu braku któregokolwiek z produktów paliwowych. Utrzymanie stanu magazynowego paliw pokrywającego zapotrzebowanie klientów świadczy o sprawnym systemie zaopatrywania stacji w paliwa i ich sprzedaży. Urządzenia służące do wydawania paliw oraz system kasowy znajdują się pod stałą kontrolą serwisu, utrzymującego te urządzenia w pełnej sprawności. Pracujący na stacji pracownicy poddawani są cyklicznym szkoleniom, a ich praca oceniona. Średnia uzyskanych ocen w 2011 roku wynosiła 96,3%, a w 2012 roku 93,1%. Jest to bardzo dobry wynik, ponieważ oscyluje w przedziale 90-100% zakładanych celów koncernu.

LITERATURA

- [1] AUGUSTYNIAK G.: Nowoczesne metody liczenia kosztów w logistyce – zeszyty naukowe, TNOiK, Poznań 1996.
- [2] BANK J.: Zarządzanie przez jakość. Warszawa 1996.
- [3] BOJAR P.: Ocena ryzyka zajścia zdarzeń niepożądanych wynikającego z naruszeń przepisów o ADR. Logistyka 6/2011.
- [4] BOJAR P.: Ocena ryzyka związanego z transportem drogowym materiałów niebezpiecznych. Logistyka 2/2012.
- [5] BRZEZIŃSKI M.: Logistyka Wojskowa. Dom Wydawniczy Bellona, Warszawa 2005.
- [6] Miesięcznik branżowy: Stacja Benzynowa nr 3/2013.
- [7] Państwowy Instytut Geologiczny 2009.
- [8] Raport Polskiej Organizacji Przemysłu i Handlu Naftowego z dnia 31.03 2012.

ORGANIZATION OF LIQUID FUELS TRANSPORT

Summary: Due to the growing demand of customers for liquid fuels, there is a need to organize their transport and distribution. For over a century, there are companies engaged in the extraction, processing and distribution of crude oil and its products at wholesale quantities to the needs of the country. In Poland, mined 700÷900 thousand tons of crude oil at the refinery needs Polish 20 million tons per annum. Relatively strong demand for oil relative to the amount of extracted contributes to import oil from other countries to meet the needs of the refinery. The article presents the demand for liquid fuels in Poland. For example, the selected fuel station one of the leading companies, describes the supply of these fuels to the station.

Key words: transport system, transport process, liquid fuel

**POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ
DEVELOPMENTS IN MECHANICAL ENGINEERING**

2(1)/2013, 27-29

Czasopismo naukowo-techniczne – Scientific-Technical Journal

Piotr GRYGORKIEWICZ

NOISE – MEDIUM MULTIWERSUM

Streszczenie: W pracy omówiono zjawisko noise'u i improwizacji jako medium sztuki aktualnej w reakcji na kulturę masowego konsumpcjonizmu, a zarazem narzędzie wyzwalania kreatywności i poszerzania wyobraźni.

Słowa kluczowe: kultura audiowizualna, noise, improwizacja, kreatywność

Sztuka uczy nieufności wobec zmysłów, a jednocześnie uświadamia, że jedynie dzięki nim mamy kontakt z konstruktem umysłowym, odczytywanym na co dzień jako świat zewnętrzny. Uczy, że percepcja jest wysublimowaną grą, a sam widz także stanowi medium. Przyczynia się to do wyłaniania zjawisk wielowymiarowości i wielopłaszczyznowości doświadczenia.

Rozwój społeczeństwa informacyjnego transformuje nasze pojmowanie i poczucie czasu. Żyjemy w nieustającym TERAZ, obwieszeni elektronicznymi gadżetami, przekazującymi nam najświeższe wieści z całego globu w zaledwie kilka minut po wydarzeniu.

Ilość audiowizualnych artefaktów trafiających każdej chwili do infosfery to prawdziwa info-nawałnica. Czy w tym natłoku można już mówić o dewaluacji kultury wizualnej? O swego rodzaju pornografii jako wypaczeniu sensu? Czy masowe bombardowanie komunikatami reklamowymi z milionem gotowych rozwiązań na każdą możliwą okazję przyczynia się do ograniczenia naszej wyobraźni i kreatywności? Czy drastyczne zmniejszenie czasu, jaki poświęcamy na kolejne, docierające do nas w ekspresowym tempie informacje, wiąże się z wykształceniem nowych mechanizmów ich filtracji? Czy nasza wrażliwość podlega zmianom? Być może.

Owo „być może” to prawdopodobnie jeden ze znaków naszych czasów rozmytych granic. Za pomocą kilku kliknięć wchodzimy w otwarty świat niewiarygodnej liczby alternatywnych modeli i rozwiązań. Nie istnieją już definitywne odpowiedzi na nasze pytania. To świat przytłaczających możliwych wyborów i ścieżek, czarnych dziur hiperlinków, tuneli pomiędzy bardzo różnymi płaszczyznami rzeczywistości, w których na co dzień uczestniczymy. To multiwersum – wieloświat.

Przyswajana w lawinowym tempie wiedza powoduje, że w coraz bardziej widoczny sposób otwierają się przed nami kolejne całkowicie niezbadane obszary. Wraz z rosnącymi zasobami informacji wzrasta się jednak obecność szumu.

Zjawiska określane mianem hałasu i szumu ulegały na przestrzeni dziejów znacznym zmianom, a granice tolerancji na nieznane i nieznośne dotąd bodźce poszerzały się często w bardzo szybkim tempie, powodowane zmianami warunków bytowych, związanych z rozwojem technologii czy choćby chęcią zainicjowania nowych doświadczeń estetycznych.

Noise jako środek wyrazu w sztuce jest zjawiskiem wymykającym się próbom definicji i uciekającym od kategoryzacji, dlatego można pokusić się o próbę określenia go jako amorficznego, nieustalonego, emergentnego tworu wielkich miast, niosącego z sobą cały bagaż ich audiowizualnego zanieczyszczenia wraz ze wszystkimi sprzecznościami i wielowymiarowością.

Noise może być ciągnącym się po horyzont wysypiskiem śmieci, wypełnionym zmiętymi i szeleszczącymi kolorowymi opakowaniami po chwilowych zabawkach i przyjemnościach kultury konsumpcyjnej.

Może być uwypukleniem błędu i absurdu do granic łoż. Natężeniem i zagęszczeniem. Audiowizualnym przedawkowaniem służącym wyjściu poza wygodne przyzwyczajenia i utarte schematy lub intencją bezpośredniego doświadczenia pracy z własną percepcją.

Noise może być znakiem niezgody, dysonansem podniesionym do potęgi, pędem, fizycznością i brutalnością. Dla części uczestników kultury masowej może stanowić jeden z niewielu bodźców, który jest w stanie dzisiaj jeszcze poruszyć. Wreszcie, może być narzędziem transgresji i współczesną wersją doświadczenia kataraktycznego, zetknięciem się z ogromem nieznanego i niepoznawalnego.

Noise jest dostępny dla każdego, ponieważ w pewnym sensie odcina się od tradycji demonstrowania wirtuozerii, skupiając się raczej na otwieraniu możliwości i prowokowaniu pytań.

Paradoksalnie i zaskakująco jednak ze współczesnych noisowych paroksyzmów maszyn i software'u wyłania się świat zbliżony do wielowarstwowego pejzażu dźwiękowego naturalnych bio-habitatów. Czyżby przez muzykę miast-molochów przebijała tęsknota za naturą? Intencja pełniejszego zrozumienia wysublimowanego systemu współzależności i współpracy z nim, zamiast barbarzyńskiego traktowania go jako zbioru zasobów, służących jedynie bezmyślnej eksploatacji?

Noise to często fizyczna, monumentalna ściana hałasu, odcinająca potok myśli i wyzwalająca efekt zatrzymania czasu, stawiająca nas przez swą fizyczność w nieustającym teraz.

Czas pozostaje w dużej mierze zagadką, dlatego można pokusić się o rozróżnienie w kontekście audiowizualności dwóch przeciwstawnych rodzajów czasu teraźniejszego. Jeden z nich to „fragmentaryczne teraz” środków masowej komunikacji medialnej; odpowiednik dzikiej, nieświadomej, nieskrępowanej, pędzącej na złamanie karku wolności. Jego przeciwnością jest „teraz zdefragmentowane” ujednolicone, zbliżające się do transgresyjnego nieustającego teraz „czasu sakralnego”. Świadomie pojmowana wolność wiąże się ze wzmożoną uwagą i odpowiedzialnością. Koncentracją nierozproszonego, jak

najbardziej obecnego umysłu, realizowaną w praktyce improwizacji i eksperymentu, tak bliskich zjawisku noise'u. Improwizacji i eksperymentu jako drapania powierzchni możliwych mikro-światów, obserwacji ich zmian, wzajemnych relacji i konfiguracji. Improwizacja zawiera w sobie element ryzyka kompletnej porażki, zwłaszcza natury estetycznej i poznawczej, a jednocześnie stanowi obietnicę Nowego, wykraczającego poza codzienne doświadczenia.

W „sfragmentowanym teraz” potrzebujemy zdolności szybkiej i umiejętnej nawigacji. Do masowej świadomości zaczyna przesączać się przeświadczenie o jednoczesnej egzystencji w wielu równoległych wszechświatach. Dzisiejsza infosfera przypomina jednak słodkie bagno, zdeformowaną postać *silva rerum*. Ustalenie rzetelności informacji graniczy niemalże z cudem. Nasze rzeczywistości konstruowane są w znacznej mierze przez zapożyczone narracje. Zaczynamy zdawać sobie sprawę z konieczności edukacji do zadań, które jeszcze nie istnieją, za pomocą wiedzy, której jeszcze nie mamy.

Z jakiego zatem względu uważam zjawiska noise'u i improwizacji za istotne? Podejrzewam, że stanowią jedne z lepszych narzędzi walki o kreatywność i wyobraźnię w świecie gotowych rozwiązań i ukrytej reklamy. Umożliwiają nam trening natychmiastowych i świadomych reakcji na nowo zaistniałe sytuacje, znajdowania unikalnych rozwiązań i korespondencji między dziedzinami wiedzy a płaszczyznami w sfragmentowanym świecie.

NOISE – MEDIUM OF A MULTIVERSE

Summary: The article introduces improvised noise as a contemporary art medium and a reaction to consumerism driven culture as well as a tool for creativity triggering and imagination expanding

Key words: audiovisual culture, noise, improvisation, creativity

**POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ
DEVELOPMENTS IN MECHANICAL ENGINEERING**

2(1)/2013, 31-39

Czasopismo naukowo-techniczne – Scientific-Technical Journal

Maciej KOTYK, Adam TROSZYŃSKI

**WPLYW TEMPERATURY NA CIŚNIENIE
W OPONACH SAMOCHODÓW CIĘŻAROWYCH**

Streszczenie: W pracy opisano wpływ temperatury powietrza oraz temperatury azotu na ciśnienie w oponach samochodów ciężarowych. Prawidłowe ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego pozwala na zapewnienie komfortu oraz bezpieczeństwa podczas jazdy. Zbadano, jaki wpływ na zachowanie prawidłowego ciśnienia w oponie ma temperatura. Po to, aby uzyskać pewne porównanie, oponę samochodu ciężarowego napełniono najpierw powietrzem, a następnie azotem i wystawiono ją na działanie niskich temperatur.

Słowa kluczowe: ciśnienie, azot, powietrze, rozszerzalność cieplna

1. WSTĘP

Opony samochodów ciężarowych są jedynymi elementami, które podczas jazdy stykają się z nawierzchnią dróg. Warunkują bezpieczeństwo kierowców oraz innych uczestników ruchu drogowego. Niestety istnieje wiele czynników, które w różnym stopniu ograniczają prawidłowe funkcjonowanie opon i komfort podróżowania. Mimo ciągłego doskonalenia procesów technologicznych oraz mieszanek, z jakich wytwarza się opony, nie można w żadnym stopniu zmienić elementarnych zjawisk fizycznych zachodzących w oponach podczas jazdy, zwłaszcza zmiany ciśnienia na skutek wahań temperatury. Można jedynie ograniczyć skutki tych procesów.

Zmiana właściwego ciśnienia w oponach zmniejsza bezpieczeństwo poruszania się samochodami ciężarowymi, diametralnie przyspiesza zużycie opon oraz powoduje zużycie paliwa. Zmieniające się warunki zewnętrzne wpływają na ciśnienie w oponach samochodów ciężarowych, jednak stopień tych zmian nie jest szczegółowo znany [3].

2. BADANIA DOTYCZĄCE CIŚNIENIA W OPONACH SAMOCHODOWYCH

Użytkowników pojazdów oraz producentów ogumienia zawsze interesował temat doboru odpowiedniego ciśnienia w oponach samochodowych. Zauważono, że wahania temperatury mają znaczny wpływ na sztywność opon samocho-

mgr inż. Maciej KOTYK, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, ul. prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz, e-mail: maciej.kotyk@utp.edu.pl
mgr inż. Adam TROSZYŃSKI, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, ul. prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz, e-mail: adasko1918@wp.pl

dowych. Wynikało to ze zmiany właściwości mieszanki stosowanej do produkcji opon samochodowych, jak również zmiany ciśnienia wewnątrz ogumienia.

Przeanalizowano rozszerzalność cieplną gazów wchodzących w skład powietrza atmosferycznego i zaobserwowano, że tlen jest główną przyczyną niekorzystnych zjawisk mających wpływ na zmianę ciśnienia w oponach samochodowych na skutek zmiany temperatury zewnętrznej, jak i samej opony.

Ograniczenie negatywnego wpływu zmiany temperatury na zmianę ciśnienia w oponach samochodowych uzyska się poprzez napełnianie ogumienia bardzo kosztownym do uzyskania argonem lub znacznie tańszym tlenem.

Jedne z bardziej istotnych i szeroko zakrojonych badań dotyczących wpływu napełniania opon samochodów ciężarowych azotem na ograniczenie ich zużycia przeprowadził amerykański badacz J. Baldwin. Do badań wykorzystwał flotę pojazdów samochodowych użytkowanych przez pewną firmę transportową, o dopuszczalnej masie całkowitej znacznie przekraczającej 3,5 tony. Opony połowy z nich wypełniało powietrze, natomiast opony drugiej połowy pojazdów napełniono azotem. Po opisaniu, ponumerowaniu i wykonaniu szeregu czynności identyfikacyjnych pojazdów i opon starannie śledzono przebiegi samochodów. Znaczną uwagę poświęcono szybkości ścierania się warstwy bieżnika.

Po przeanalizowaniu wyników wielomiesięcznych badań okazało się, że liczba kilometrów pokonanych przez opony napełnione azotem była o 10% większa niż napełnionych powietrzem [1].

Zdaniem autora wynikało to z dwóch czynników. Pierwszym z nich była mniejsza wrażliwość azotu na zmiany temperatury, drugim zaś brak atomów mogących przereagować z mieszanką gumową opony, tj. atomów tlenu.

Czasopisma motoryzacyjne są wręcz przepełnione wynikami różnych badań dotyczących porównania właściwości powietrza oraz azotu na ciśnienie w oponach samochodowych, jednak autorzy nie podają sposobu przeprowadzenia tych badań.

Autorzy pracy postanowili samodzielnie przeprowadzić tego typu badania i szczegółowo określić warunki oraz aparaturę badawczą, a otrzymane wyniki poddać obróbce statystycznej, jak również przedstawić je w formie graficznej. Celem badań było jednoznaczne określenie wpływu temperatury na ciśnienie w oponach samochodów ciężarowych.

3. BADANIA WPLYWU OBNIŻANIA SIĘ TEMPERATURY POWIETRZA ORAZ TEMPERATURY AZOTU NA CIŚNIENIE W OPONACH SAMOCHODÓW CIĘŻAROWYCH

3.1. Obiekt badań

Obiektem badań były dwa czynniki mające zastosowanie do napełniania opon samochodów ciężarowych. Do badań wykorzystano oponę firmy Dunlop, wyprodukowaną w 2007 roku o rozmiarze 235/75/17,5. Do opony napełnianej kolejno powietrzem oraz azotem była podłączona aparatura, umożliwiająca jednoczesny pomiar ciśnienia i temperatury. Do celów badawczych usunięto pew-

ną część obręczy koła. Oponę wykorzystaną do badań przedstawiono na rysunku 1.



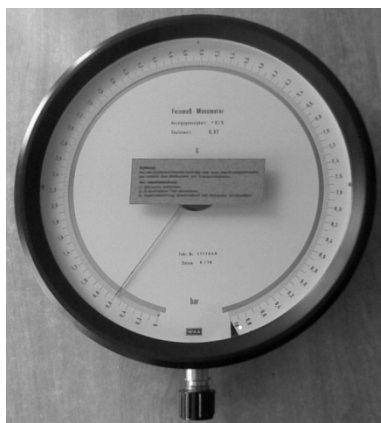
Rys. 1. Opona wykorzystana do badań
Fig. 1. The tire used for research

3.2. Opis badań

Badania przeprowadzono w Trzciance na terenie warsztatów działu utrzymania ruchu, w firmie transportowej, w maju 2011 roku. Polegały na poznaniu wpływu temperatury powietrza oraz temperatury azotu na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego.

Przeprowadzenie badań wymagało przygotowania odpowiedniego stanowiska pomiarowego.

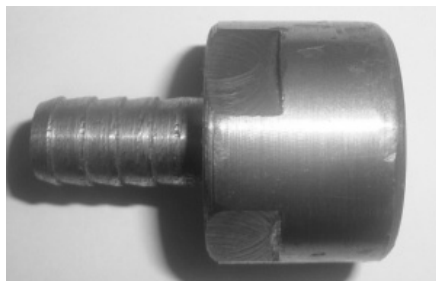
Dla potrzeb przeprowadzenia pomiarów ciśnienia powietrza oraz azotu wykorzystano manometr mechaniczny firmy Wika (rys. 2.) o zakresie pomiarowym od 0 do 1,0 MPa i dokładności 0,002 MPa.



Rys. 2. Manometr wykorzystany do wykonania badań
Fig. 2. The pressure gauge used to perform research

Manometr był zakończony gwintowaną końcówką stanowiącą wejście do miernika. Manometr połączono ze stanowiskiem pomiarowym za pomocą złą-

cza. Złącze manometru ze stanowiskiem pomiarowym (rys. 3) zostało wykonane przez autora pracy.



Rys. 3. Złącze manometru
Fig. 3. Connection pressure gauge

Do pomiarów temperatury wyżej wymienionych gazów wykorzystywano elektroniczny termometr o zakresie od -50 do $+150^{\circ}\text{C}$. Na końcu grotu ze stali nierdzewnej znajdował się czujnik, który został umieszczony zgodnie z zaleceniami producenta urządzenia centymetr we wnętrzu opony. Dla potrzeb badań przedłużono przewód pomiędzy wyświetlaczem a grotem, dwużyłowym przewodem elektrycznym na odległość 1000 mm. Termometr elektroniczny wykorzystywany do badań przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Termometr elektroniczny wykorzystywany do badań
Fig 4. Electronic thermometer used to research

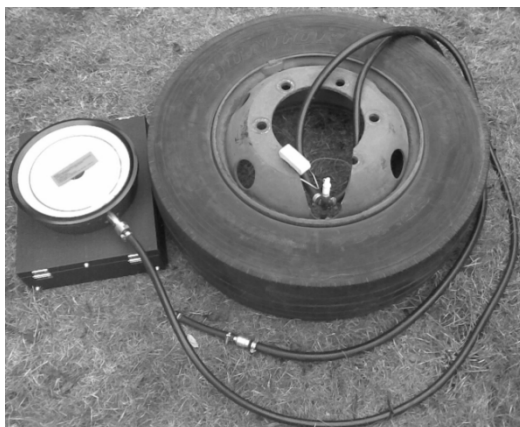
Prawidłowy przebieg badań gwarantował rozdzielacz umożliwiający szczelne połączenie wszystkich elementów. Był on osadzony na wentylu opony w taki sposób, aby można było do jej wnętrza wprowadzić czujnik termometru elektronicznego. Z rozdzielacza wychodziły ponadto jeszcze dwa wyjścia. Pierwsze z nich było zakończone złączem umożliwiającym napełnianie i opróżnianie opony, drugie zaś umożliwiało podłączenie manometru, a tym samym pomiar ciśnienia w stanowisku pomiarowym. Rozdzielacz przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Rozdzielacz wykorzystany do badań
Fig. 5. The distributor used to research

Elementy składające się na stanowisko pomiarowe były połączone ze sobą za pomocą zbrojonych gumowych węży ciśnieniowych o średnicy zewnętrznej 20 mm oraz wewnętrznej 10 mm.

Wszystkie opisywane elementy połączone ze sobą w sposób umożliwiający napełnienie stanowiska pomiarowego przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Stanowisko pomiarowe
Fig. 6. Measuring position

Badania składały się z dwóch etapów.

W pierwszym etapie, po podłączeniu wszystkich elementów, oponę napełniono powietrzem do ciśnienia równego 0,734 MPa przy temperaturze 15°C. Kolejnym krokiem było uszczelnienie stanowiska pomiarowego. Po wykonaniu tych czynności odczekano 5 min w celu ustabilizowania się ciśnienia w stanowisku pomiarowym. Następnie oponę umieszczono w zamrażarce Mors 222 i ochładzano. Podczas ochładzania przeprowadzono równoległe pomiary tempe-

ratury powietrza oraz ciśnienia w oponie. Po zakończeniu pomiarów oponę opróżniono z powietrza.

W drugim etapie, po podłączeniu wszystkich elementów, oponę napełniono azotem z butli do ciśnienia większego niż potrzebne do realizacji badań. Następnie za pomocą zaworka podłączonego do jednej z końcówek rozdzielacza zmniejszono ciśnienie azotu w stanowisku pomiarowym, pamiętając o przerwach na ustabilizowanie się ciśnienia. W wyniku tych zabiegów początkową wartość ciśnienia azotu ustalono na 0,734 MPa przy temperaturze 15°C. Kolejnym krokiem było uszczelnienie stanowiska pomiarowego. Następnie oponę ponownie umieszczono w zamrażarce i wykonywano równoległe pomiary temperatury azotu oraz ciśnienia w oponie. Po zakończeniu badań oponę opróżniono z azotu.

Umieszczenie opony w zamrażarce miało na celu odzwierciedlenie warunków eksploatacyjnych podobnych do tych, gdy temperatura zewnętrzna obniża się.

4. ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Wyniki badań wpływu obniżania się temperatury powietrza na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego przedstawiono w tabeli 1. Wyniki badań wpływu obniżania się temperatury azotu na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 1. Wyniki badań wpływu obniżania się temperatury powietrza na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego

Table 1. The results of the research on the onfluence of reducing the air temperature on the pressure in the tyre of a lorry

Temperatura powietrza (°C)	Ciśnienie w oponie (MPa)	Temperatura powietrza (°C)	Ciśnienie w oponie (MPa)	Temperatura powietrza (°C)	Ciśnienie w oponie (MPa)
15,0	0,734	6,5	0,702	-2,0	0,670
14,5	0,732	6,0	0,702	-2,5	0,668
14,0	0,730	5,5	0,700	-3,0	0,668
13,5	0,730	5,0	0,698	-3,5	0,666
13,0	0,728	4,5	0,698	-4,0	0,664
12,5	0,726	4,0	0,696	-4,5	0,664
12,0	0,724	3,5	0,694	-5,0	0,662
11,5	0,722	3,0	0,694	-5,5	0,660
11,0	0,720	2,5	0,692	-6,0	0,660
10,5	0,720	2,0	0,690	-6,5	0,658
10,0	0,716	1,5	0,688	-7,0	0,656
9,5	0,716	1,0	0,686	-7,5	0,656
9,0	0,712	0,5	0,684	-8,0	0,654
8,5	0,710	0,0	0,680	-8,5	0,654
8,0	0,710	-0,5	0,678	-9,0	0,652
7,5	0,706	-1,0	0,674	-9,5	0,652
7,0	0,704	-1,5	0,674	-10,0	0,650

Wpływ temperatury na ciśnienie w oponach samochodów ciężarowych

Tabela 2. Wyniki badań wpływu obniżania się temperatury azotu na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego

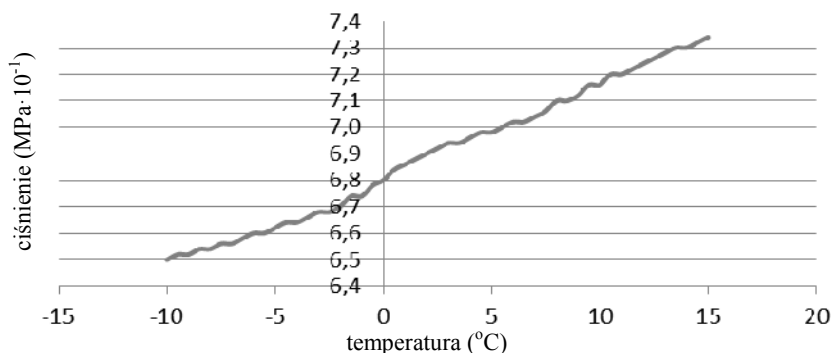
Table 2. The results of the research on the influence of reducing the azote temperature on the pressure in the tyre of a lorry

Temperatura azotu (°C)	Ciśnienie w oponie (MPa)	Temperatura azotu (°C)	Ciśnienie w oponie (MPa)	Temperatura azotu (°C)	Ciśnienie w oponie (MPa)
15,0	0,734	6,5	0,706	-2,0	0,680
14,5	0,732	6,0	0,706	-2,5	0,678
14,0	0,730	5,5	0,704	-3,0	0,678
13,5	0,730	5,0	0,702	-3,5	0,676
13,0	0,728	4,5	0,700	-4,0	0,674
12,5	0,726	4,0	0,700	-4,5	0,674
12,0	0,724	3,5	0,698	-5,0	0,672
11,5	0,724	3,0	0,696	-5,5	0,670
11,0	0,722	2,5	0,694	-6,0	0,670
10,5	0,720	2,0	0,694	-6,5	0,668
10,0	0,720	1,5	0,692	-7,0	0,668
9,5	0,718	1,0	0,690	-7,5	0,666
9,0	0,716	0,5	0,688	-8,0	0,664
8,5	0,714	0,0	0,686	-8,5	0,662
8,0	0,712	-0,5	0,684	-9,0	0,662
7,5	0,710	-1,0	0,684	-9,5	0,660
7,0	0,708	-1,5	0,682	-10,0	0,660

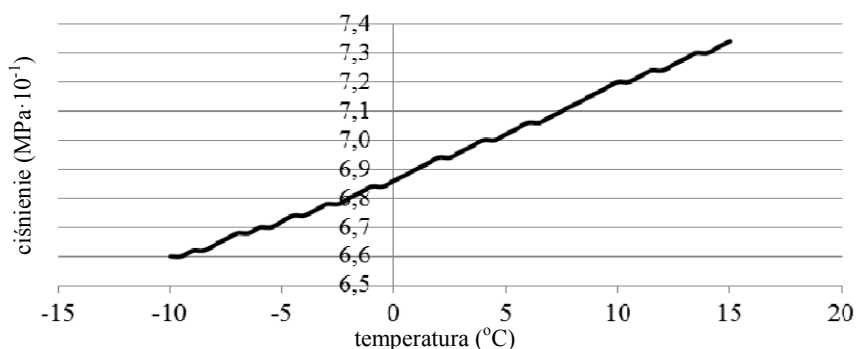
5. OPRACOWANIE WYNIKÓW BADAŃ

Dla opracowania wyników badań wpływu obniżania się temperatury na ciśnienie w oponach samochodów ciężarowych wykorzystano program komputerowy Microsoft Excel.

Wykres wpływu obniżania się temperatury powietrza na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego zaprezentowano na rysunku 7, natomiast wpływu obniżania się temperatury azotu na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego przedstawiono na rysunku 8.

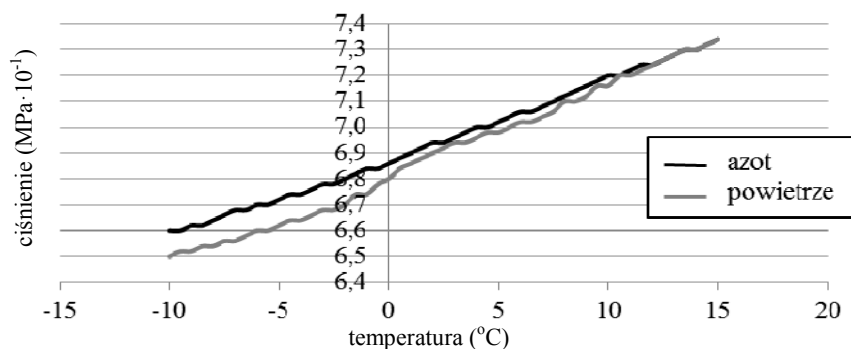


Rys. 7. Wpływ temperatury powietrza na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego
Fig. 7. The influence of the air temperature on the pressure in the tyre of a lorry



Rys. 8. Wpływ temperatury azotu na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego
 Fig. 8. The influence of the azote temperature on the pressure in the tyre of a lorry

Na rysunku 9 porównano wpływ obniżania się temperatury powietrza oraz temperatury azotu na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego.



Rys. 9. Porównanie wpływu obniżenia się temperatury powietrza oraz temperatury azotu na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego
 Fig. 9. The comparison of the influence of reducing the air and azote temperature on the pressure in the tyre of a lorry

W celu jednoznacznego określenia, czy faktycznie istnieje związek pomiędzy temperaturą a ciśnieniem gazu znajdującego się w oponie samochodu ciężarowego obliczono współczynnik korelacji pomiędzy temperaturą powietrza a ciśnieniem w oponie samochodu ciężarowego i temperaturą azotu a ciśnieniem w oponie samochodu ciężarowego oraz określono krytyczną wartość współczynnika korelacji dla tych wyników.

Współczynnik korelacji pomiędzy temperaturą powietrza a ciśnieniem w oponie samochodu ciężarowego wynosi 0,9974.

Współczynnik korelacji pomiędzy temperaturą azotu a ciśnieniem w oponie samochodu ciężarowego wynosi 0,9988.

W celu określenia krytycznej wartości współczynnika korelacji przyjęto następujące założenia:

- liczebność próby – 51,
- poziom istotności – 0,05.

Dla tych założeń krytyczna wartość współczynnika korelacji wynosi 0,2732 [2].

6. WNIOSKI Z BADAŃ

1. Przeprowadzenie badań wpływu obniżania się temperatury powietrza i temperatury azotu na ciśnienie w oponach samochodów ciężarowych wymaga przygotowania odpowiedniego stanowiska pomiarowego oraz urządzeń o dużej dokładności.
2. Bardzo duża wartość współczynnika korelacji pomiędzy ciśnieniem a temperaturą w obu badanych przypadkach świadczy o tym, że istnieje zależność pomiędzy temperaturą a ciśnieniem w oponach samochodów ciężarowych.
3. W przypadku zmiany temperatury powietrza o 25°C, ciśnienie w oponie uległo zmianie o 0,084 MPa.
4. W przypadku zmiany temperatura azotu o 25°C, ciśnienie w oponie uległo zmianie o 0,074 MPa.
5. Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że azot jest w pewnym stopniu mniej wrażliwy na obniżanie się temperatury.

LITERATURA

- [1] BALDWIN J.: Wpływ inflacji azotu na starzenie się opony i wydajność. Ford Motor Company Dearborn, nr 5/2004.
- [2] SZYDŁOWSKI H. (red.): Teoria pomiarów. PWN, Warszawa 1981.
- [3] WALISIAK D.: Jaka jest przyczyna spadku ciśnienia w oponach. Goodyear Polska, 2009.

THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE PRESSURE IN TIRES OF LORRIES

Summary: The article concerns the research on the influence of the air and azote temperature on the pressure in the tyres of the lorries. A normal pressure in the tire of a lorry allows to ensure the driving comfort and safety. It has been studied the influence which the temperature has on the keeping the normal pressure in the tire. In order to achieve the plausible comparison, the tire of a lorry has been filled up first with the air and then with the azote and it has been exposed to the low temperatures.

Słowa kluczowe: pressure, nitrogen, air, thermal expansion

**POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ
DEVELOPMENTS IN MECHANICAL ENGINEERING**

2(1)/2013, 41-49

Czasopismo naukowo-techniczne – Scientific-Technical Journal

Monika KULIGOWSKA, Piotr BOJAR

**ANALIZA KOSZTÓW POKOLIZYJNYCH
W SYSTEMIE TRANSPORTOWYM**

Streszczenie: Zbiorowy system transportu miejskiego polega na usługach przewozowych na określonym terenie miasta, jednakże również w ustalonych obszarach mu podległych, jak np. dzielnica miasta. Wymogami stawianymi tego typu systemom są bezpieczeństwo i bezawaryjność w trakcie wykonania usługi przewozowej w okresie 7 dni w tygodniu przez 24 godziny na dobę. Wyżej wymienione systemy narażone są na zaistnienie czynników niepożądanych, które mają wpływ na zaistnienie zdarzeń niepożądanych. W pracy przeprowadzono analizę kosztów pokolizyjnych według kosztów napraw środków transportowych, które eksploatowano w badanym systemie i zostały uszkodzone w wyniku kolizji.

Słowa kluczowe: system transportu miejskiego, proces transportowy, zdarzenia niepożądane

1. WPROWADZENIE

Jest faktem oczywistym, że transport musi być bezpieczny. Nikt nie skorzysta z transportu, jeżeli okaże się, że jest często narażony na katastrofy, że podróżny może spotkać się z rozbojem, kradzieżą rzeczy osobistych lub ładunku. Dlatego jest słuszną tezą, że każdy rodzaj transportu musi zapewnić bezpieczeństwo podróżnych i ładunku. Niemniej jednak w trakcie realizacji procesu transportowego występują zdarzenia niepożądane, które generują dodatkowe koszty transportu. W literaturze przedmiotu [1, 2, 3] wśród zdarzeń niepożądanych wymienia się wypadki i kolizje drogowe, dewastacje oraz uszkodzenia pojazdów. Kolizje poruszającego się pojazdu mogą występować z otoczeniem i z innymi pojazdami [4]. Kolizja to zbieg przeciwnych sobie okoliczności, np. ewentualne odbywanie się sprzecznych jazd, które występują wówczas, gdy ten sam element (fragment) drogi jest wykorzystywany przez dwa pojazdy. Aby uniknąć kolizji sprzeczne jazdy muszą być względem siebie przesunięte w czasie, w przeciwnym przypadku dochodzi do kolizji.

Skutki kolizji zależą zarówno od stanu technicznego drogi, jak i prędkości pojazdu w stosunku do przyjętych parametrów drogi (np. promienie luków, pochYLENIA, liczba pasów ruchu, liczba torów jezdni itp.) [4].

mgr inż. Monika KULIGOWSKA, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Koło Naukowe Transportowców, ul. prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz

dr inż. Piotr BOJAR, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, ul. prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz, e-mail: p-bojar@utp.edu.pl

Kolizje z innym pojazdem mogą występować w punkcie połączenia dróg ze sobą, w tym na skrzyżowaniu drogi z linią kolejową. Poruszające się pojazdy po tej samej drodze mogą [4]:

- spotkać się (zderzyć czołowo), gdy oba poruszają się w przeciwnych kierunkach po tej samej drodze jazdy,
- najechać drugi na tył pierwszego, gdy prędkość drugiego jest większa od prędkości pierwszego,
- spotkać się (zderzyć) w punkcie skrzyżowania, gdy oba pojazdy poruszają się po różnych drogach.

2. ZAGROŻENIA W RUCHU DROGOWYM

Ruch drogowy tworzą trzy grupy czynników [5]:

a) pojazdy:

- samochody osobowe,
- pojazdy ciężkie (samochody ciężarowe i dostawcze, autobusy),
- pojazdy powolne (pojazdy wolnobieżne, ciągniki rolnicze, pojazdy specjalne),
- tramwaje,
- trolejbusy
- pojazdy jednośladowe (motocykle, motorowery, rowery),
- inne (np. wózek inwalidzki),

b) użytkownicy drogi (uczestnicy ruchu):

- kierujący pojazdami samochodowymi (kierowcy),
- kierujący innymi pojazdami,
- pasażerowie pojazdów,
- rowerzyści (w tym motorowerzyści),
- piesi,

c) środowisko drogi:

- droga wraz z wyposażeniem i urządzeniami,
- otoczenie drogi (przyległy do drogi pas terenu),
- warunki ruchu (natężenie ruchu, struktura uczestników ruchu, struktura kierowania ruchu itd.),
- warunki atmosferyczne.

3. CEL PRACY

Badano zdarzenia niepożądane w systemie zbiorowego transportu miejskiego. Badania dotyczyły pozyskania informacji odnośnie kosztów przeznaczonych na prace związane z uzdatnianiem środków transportu oraz koszty części zamiennych.

Informacje wykorzystane w pracy dotyczą autobusów użytkowanych w badanym systemie komunikacji miejskiej w okresie 1.01.2007-31.12.2009. Dane udostępnione przez Miejski Zakład Komunikacji dotyczą 1.407 zdarzeń,

które zaistniały w analizowanym czasie. Pozyskane informacje to w szczególności dane odnoszące się do liczby niepożądanych zdarzeń oraz ich skutków, to znaczy strat materialnych, które były wynikiem uszkodzenia środków transportu na skutek powstałych zdarzeń niepożądanych.

Na tej podstawie postawiono cel pracy, którym jest analiza kosztów związanych ze zdarzeniami niepożądanymi zaistniałymi w rozpatrywanym systemie w założonym przedziale czasie.

4. BADANIA EKSPLOATACYJNE

Opracowano program badań, które zrealizowano w rzeczywistym systemie transportowym – Miejskich Zakładach Komunikacyjnych w aglomeracji miejskiej. Program badań obejmował następujące etapy realizacji:

- uzyskanie danych dotyczących rodzaju zdarzenia,
- uzyskanie danych dotyczących liczby kolizji, dewastacji, uszkodzeń oraz wypadków, które miały wpływ na stan ograniczonej zdolności autobusów w badanym przedziale czasu,
- uzyskanie danych dotyczących miesiący, czasu oraz okoliczności zdarzenia,
- identyfikacja sprawców oraz kosztów kolizji autobusów,
- uzyskanie danych, które dotyczyły wielkości poniesionych kosztów, będących wynikiem zaistniałych zdarzeń w badanym przedziale czasu,
- uzyskanie danych dotyczących pór roku oraz dni tygodnia, w którym miały miejsce kolizje,
- uzyskanie danych związanych z wiekiem oraz stażem kierowców uczestniczących w kolizjach, jak również danych odnoszących się do warunków atmosferycznych.

Źródłem danych były informacje uzyskane z Miejskich Zakładów Komunikacyjnych w dużej aglomeracji miejskiej. Przeanalizowano:

- kosztorysy powykonawcze,
- kalkulacje kosztów naprawy,
- specyfikacje zużytych materiałów do naprawy powypadkowej,
- zlecenia naprawy,
- zestawienia rozchodów na zlecenia,
- protokoły wypadkowo-awaryjne,
- raporty o zdarzeniu autorstwa bezpośrednich uczestników zdarzeń,
- protokoły zdawczo-odbiorcze autobusów,
- raporty służby Nadzoru Ruchu o kolizji/wypadku/awarii w ruchu.

Zrealizowane badania umożliwiły wykonanie analizy zdarzeń z uwzględnieniem:

- rodzaju zdarzenia – w przedziale lat 2007-2009 w rozbiciu na miesiące i pory roku,

- wartości procentowej oraz wysokości kosztów napraw i zużytych materiałów zdarzeń drogowych w podziale na miesiące, pory roku i dni tygodnia,
- najczęstszych kolizji, których sprawcą był kierowca autobusu lub pojazd obcy i ich procentowego udziału w całości zanotowanych zdarzeń oraz wysokości kosztów napraw oraz zużytych materiałów, jakie wygenerowały,
- określenia najczęstszych godzin kolizji i ich wpływu na wysokość kosztów,
- wyznaczenia uczestnictwa danego kierowcy w kolizjach oraz wysokości kosztów, jakie wygenerowała dana osoba w określonym przedziale wiekowym i z danym stażem pracy,
- analizy wpływu warunków atmosferycznych na zaistnienie zdarzeń drogowych oraz wysokości kosztów napraw oraz zużytych materiałów.

5. ANALIZA KOSZTÓW ZDARZEŃ NIEPOŻĄDANYCH W LATACH 2007-2009 Z PODZIAŁEM NA MIESIĄCE

Rozpatrując koszty zdarzeń drogowych w latach 2007-2009 w analizowanym systemie zbiorowego transportu miejskiego, spostrzec można, że spośród zaistniałych zdarzeń drogowych w latach 2007-2009 największą część stanowiły kolizje – 849; koszty napraw wynikające z tego rodzaju zdarzeń wyniosły 1.103.834,18 złotych (tab. 1).

Tabela 1. Analiza kosztów zdarzeń niepożądanych w latach 2007-2009 ze względu na rodzaj zdarzenia

Table 1. Analysis of the cost of adverse events in the 2007-2009 due to the type of event

Rodzaj zdarzenia 2007/2008/2009 rok	Liczba zdarzeń	Koszt naprawy (PLN)
Kolizje	849	1.103.834,18
Dewastacje	446	318.313,66
Uszkodzenia	95	85.446,32
Okoliczności nie są znane	17	16.446,97
RAZEM	1.407	1.524.041,13

Kolizje stanowiły 60% wszystkich zdarzeń drogowych, zaś koszt ich napraw stanowił aż 72% całkowitej kwoty kosztów napraw. Kolejno w tej klasyfikacji były dewastacje, których odnotowano 446 na kwotę równą 318.313,66 złotych. Stanowiły one 32% zdarzeń niepożądanych, a ich wartość to 21% całości kosztów. Uszkodzenia w latach 2007-2009 to zdarzenia drogowe, na łączną kwotę 85.446,32 złotych. Stanowiły one 7% całości zdarzeń, a ich wartość – 6% całości kosztów napraw. Pozostałe zdarzenia wyrażają śladową część kosztów. Łącznie na przestrzeni lat 2007-2009 odnotowano 1.407 zdarzeń niepożądanych, a ich wartość wyniosła 1.524.041,13 złotych.

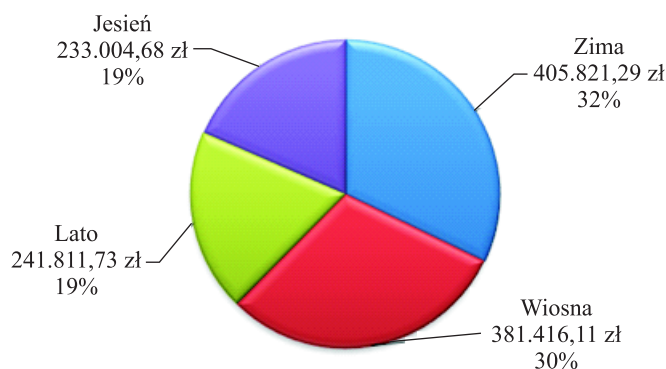
W pracy przedstawiono analizę wysokości kosztów napraw ze wyszczególnieniem kolizji, jakie miały miejsce w danym miesiącu oraz ich procentowy

udział w skali 2007, 2008 oraz 2009 roku. Na podstawie wyżej wymienionych danych można wywnioskować, w którym miesiącu na przełomie lat 2007-2009 koszty napraw były najmniejsze, a w których największe oraz jak prezentuje się dany miesiąc na tle kolejnych miesięcy w roku (tab. 2).

Tabela 2. Analiza kosztów kolizji w latach 2007-2009 – w rozbiciu na poszczególne miesiące
Table 2. Cost analysis of collisions in 2007-2009 – broken down by month

Lata 2007-2009	Kolizja		
	liczba	koszt naprawy, (PLN)	koszt materiałów, (PLN)
Styczeń	89	162.405,49	113.880,40
Luty	87	173.291,62	114.954,68
Marzec	86	121.774,39	66.384,41
Kwiecień	91	129.204,60	81.437,44
Maj	79	83.077,84	54.363,82
Czerwiec	70	107.032,93	65.744,15
Lipiec	59	56.682,73	32.763,92
Sierpień	48	54.513,67	35.265,73
Wrzesień	67	79.872,48	49.787,06
Październik	72	39.236,05	17.795,71
Listopad	62	52.767,11	28.655,71
Grudzień	39	43.975,27	23.420,12
Suma	849	1.103.834,18	684.453,15

Z danych zawartych w tabeli 2 wynika, że najwyższe koszty generowane były w lutym – 173.291,62 złotych, co stanowi 16% całości kosztów. Analiza kosztów ze względu na porę roku zaistniałych zdarzeń (rys. 1) wskazuje, że najwyższe koszty były generowane zimą, czyli od grudnia do lutego. Wyniosły one 405.821,29 złotych, co stanowiło 32% całości kosztów, lecz 25% całości zdarzeń.



Rys. 1. Struktura kosztów poniesionych na naprawy środków transportu uszkodzonych w wyniku zdarzeń niepożądanych w analizowanym systemie transportowym w latach 2007-2009 roku, według pory roku

Fig. 1. Costs incurred for the repair of means of transport damaged as a result of adverse events in the analyzed transport system in 2007-2009, according to seasons

Z analizy danych zawartych w tabeli 3 wynika, że największe koszty generowały kolizje, w których uczestniczyli kierowcy w przedziale wiekowym 41-50 lat – na kwotę równą 413.632,57 złotych, co stanowiło 33% zdarzeń niepożądanych, których wartość to 38% całości kosztów. Jest to rezultatem największej liczby kolizji z udziałem wyżej wymienionej grupy wiekowej kierowców badanego systemu transportowego. W celu uzyskania bardziej wiarygodnych informacji pożądanym byłoby przebadanie liczby kierowców zatrudnionych w Miejskim Zakładzie Komunikacji z wyszczególnieniem grup wiekowych badanej aglomeracji.

Tabela 3. Analiza pokolizyjnych kosztów napraw oraz kosztów zużytych materiałów w latach 2007-2009 roku ze względu na wiek kierowcy i sprawcę zdarzenia

Table 3. Analysis of the collision repair costs and the costs of materials used in the 2007-2009 year due to the age of the driver and the perpetrator of an event

Wiek kierowcy	Liczba kolizji	Sprawca				Koszt napraw (PLN)	Koszt zużytych materiałów (PLN)
		kierowca autobusu	pojazd obcy	drugi kierowca autobusu	pojazd obcy – odjechał		
21-30	106	33	46	9	18	116.970,47	74.432,52
31-40	213	83	100	15	15	226.391,49	132.054,55
41-50	277	100	131	13	35	413.632,57	263.923,41
51-60	221	88	108	5	19	299.029,16	180.182,86
61-70	28	10	8	4	5	43.287,09	29.878,24

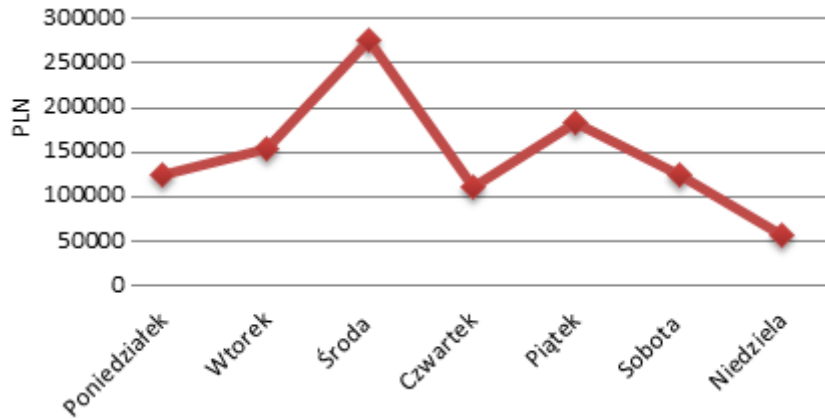
Rozpatrując koszty kolizji w latach 2007-2009 (tab. 4) w analizowanym systemie zbiorowego transportu miejskiego, zauważyć można, że spośród zaistniałych zdarzeń największą część kosztów stanowiły kolizje z udziałem kierowców ze stażem pracy mieszczącym się w przedziale 1-5 lat; koszty napraw wynikające z tego tytułu wyniosły 240.657,62 złotych, co stanowiło 19% zdarzeń niepożądanych, których wartość to 31% całości kosztów.

Tabela 4. Analiza kosztów napraw oraz kosztów zużytych materiałów kolizji w latach 2007-2009 ze względu na staż pracy kierowcy

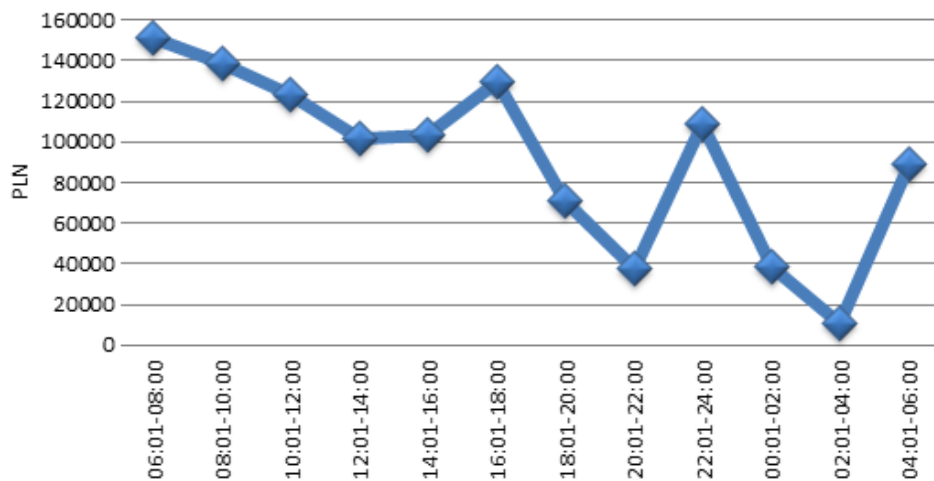
Table 4. Analysis of the cost of repairs and the cost of materials consumed collision in 2007-2009 due to seniority driver

Staż pracy	Liczba kolizji	Koszt napraw (PLN)	Koszt zużytych materiałów (PLN)
do 1. roku	43	51.770,32	30.176,75
1-5 lat	122	340.243,93	210.674,69
6-10 lat	34	85.221,47	53.454,62
11-15 lat	112	177.677,68	109.231,94
16-20 lat	146	184.043,79	111.794,23
21-25 lat	96	139.548,31	94.870,11
26-30 lat	75	76.871,54	39.094,16
> niż 30 lat	28	56.289,22	30.441,13

Z rysunku 2 wynika, że najwyższe koszty w latach 2007-2009 generowane były w środę i wyniosły 276.333,14 złotych, co stanowi 16% ilości zdarzeń niepożądanych, których wartość to 27% całości kosztów.



Rys. 2. Koszt napraw kolizji w latach 2007-2009 według dnia tygodnia
 Fig. 2. Cost of collision repairs in 2007-2009 by day of the week



Rys. 3. Koszt napraw kolizji w latach 2007-2009 według godzin powstania zdarzenia
 Fig. 3. Cost of collision repairs in 2007-2009 by hours creation event

Z rysunku 3 wynika, iż najwyższe koszty w latach 2007-2009 były generowane w przedziale godzin 06:01 do 08:00, czyli w godzinach porannych. Była to kwota 151.602,59 złotych, co stanowiło 10% zdarzeń niepożądanych, których wartość to 14% całości kosztów. Przyczyną zaistniałych zdarzeń w wyżej wymienionym przedziale czasu było prawdopodobnie wysokie natężenie ruchu, jak również pośpiech, ponieważ w tych godzinach najczęściej ludzi zmierza do pracy.

6. PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonych badań eksploatacyjnych wynika, że w analizowanym czasie doszło do 1.407 zdarzeń niepożądanych, 849 kolizji, 446 dewastacji i 95 uszkodzeń oraz 17 przypadków, których okoliczności nie są znane. Zdarzenia te generowały następujące koszty napraw: pokolizyjnych – 1.103.834,18 złotych, dewastacji – 318.313,66 złotych, uszkodzeń – 85.446,32 złotych oraz w przypadku okoliczności nieznanych – 16.446,97 złotych

Uzyskane wyniki badań sklasyfikowano według: miesięcy w analizowanym przedziale czasu, pory roku, dnia tygodnia, godziny zdarzenia, sprawcy zdarzenia, warunków atmosferycznych, stażu pracy i wieku kierowców. Można stwierdzić, że największe koszty napraw generowały kolizje – 1.103.834,18 złotych; kwota 151.602,59 złotych – stanowiąca 14% całości – powstała na skutek zdarzeń w godzinach porannych od 06:01 do 08:00. Przyczyną było prawdopodobnie wysokie natężenie ruchu, ponieważ w tych godzinach najwięcej ludzi zmierza do pracy. Największa liczba kolizji – 124 – występowała natomiast w godzinach 16:01-18:00 – 15% wszystkich zdarzeń. Stanowiły one 60% całości zdarzeń niepożądanych w analizowanym przedziale czasowym, a koszt ich naprawy wyniósł aż 72% całej kwoty. Analiza liczby i kosztów napraw, jakie generowały kolizje ze względu na porę roku, wskazuje, że 25% kolizji miało miejsce zimą – od grudnia do lutego, stanowiło to 32% całości kosztów napraw – 405.821,29 złotych, 68% miało miejsce, gdy występowały opady śniegu – 186.973,39 złotych, 68% przy dobrej widoczności – 754.224,13 złotych.

Największe koszty generowane były przez kolizje, w których uczestniczyli kierowcy w przedziale wiekowym 41-50 lat, na kwotę równą 413.632,57 złotych, co stanowi 33% zdarzeń niepożądanych, których wartość to 38% całości kosztów. Jest to rezultatem największej liczby kolizji z udziałem wyżej wymienionej grupy wiekowej kierowców badanego systemu transportowego. Jednak w celu uzyskania bardziej wiarygodnych informacji pożądane byłoby przebadanie kierowców zatrudnionych w Miejskim Zakładzie Komunikacji z wyszczególnieniem grup wiekowych badanej aglomeracji.

Uzyskane dane liczbowe wskazują, że najczęściej sprawcami kolizji, w których uczestniczyli kierowcy autobusów w wieku 41-50 lat, byli kierowcy pojazdów obcych (59%). Większość z tych prowadzących – 47% – podpisało oświadczenie o winie, natomiast 12% odjechało z miejsca zdarzenia.

Największą część stanowiły kolizje z udziałem kierowców ze stażem pracy mieszczącym się w przedziale 1-5 lat. Koszty napraw wynikające z tego tytułu sięgnęły kwoty 240.657,62 złotych, co stanowiło 19% zdarzeń niepożądanych, których wartość to 31% całości kosztów.

W latach 2007-2009 najwyższe koszty generowane były w środę – 276.333,14 złotych, co stanowi 16% ilości zdarzeń niepożądanych, których wartość to 27% całości kosztów. Najmniejsze koszty generowane były w niedzielę – 55.763,96 złotych – 9% zdarzeń niepożądanych, których wartość to 5% całości kosztów. Zjawisko to może być spowodowane zmniejszoną częstotliwo-

ścią kursujących w tym dniu autobusów oraz ograniczonym ruchem pojazdów obcych w tym dniu tygodnia.

Najwyższe koszty generowane były w lutym – na kwotę 173.291,62 złotych, co stanowiło 16% całości kosztów. Przyczyną zdarzeń mogły być złe warunki atmosferyczne, śliska nawierzchnia, nieprawidłowe zachowania kierowców, ograniczona widoczność oraz niedostosowanie prędkości do warunków panujących na jezdni.

Dewastacje stanowiły 32% zdarzeń niepożądanych, a ich wartość wynosiła 21% całości kosztów. Uszkodzenia – stanowiące 7% całości analizowanych zdarzeń – wyniosły 6% wartości kosztów.

LITERATURA

- [1] BOJAR P.: Ocena ryzyka zajścia zdarzeń niepożądanych wynikającego z naruszeń przepisów o ADR. Logistyka 6/2011.
- [2] BOJAR P.: Ocena ryzyka związanego z transportem drogowym materiałów niebezpiecznych. Logistyka 2/2012.
- [3] BOJAR P., WOROPAY M.: Bezpieczeństwo procesu transportowego w świetle różnorodnych wymuszeń. [W:] Badanie i wnioskowanie diagnostyczne. Wybrane zagadnienia, Praca zbiorowa pod red. nauk. T. Dąbrowskiego, Wydawnictwo WAT, Warszawa 2013.
- [4] KARBOWIAK H., BARAŃSKI S.: Bezpieczeństwo ruchu w transporcie, Monografie Politechniki Łódzkiej, Łódź 2011.
- [5] SZCZURASZEK T.: Bezpieczeństwo ruchu miejskiego, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008.

ANALYSIS OF THE COLLISION COSTS IN THE TRANSPORT SYSTEM

Summary: The collective urban transport system performs transportation services in a specific area of the city, but also in established areas of his own subordinates which satisfy analogous functions such as city district. The demands of such systems are safety and reliability during the accomplishment on of a transport service for a period of 7 days a week, 24 hours a day. The above-mentioned systems are exposed to the existence of undesirable factors that affect the existence of adverse events. The work analyzes the cost of the collision by the cost of repairs means of transport, which was exploited in the analyzed system, and has been damaged by the collision.

Key words: collective urban transport, transport process, undesirable events

Łukasz PEJKOWSKI

**WPLYW KĄTA PRZESUNIĘCIA FAZOWEGO ORAZ
STOSUNKU AMPLITUD SKŁADOWYCH OBCIĄŻENIA
ZMĘCZENIOWEGO NA CECHY ŚCIEŻEK OBCIĄŻENIA
W PRZESTRZENI DEWIATOROWEJ**

Streszczenie: Przy formułowaniu modeli służących do szacowania trwałości zmęczeniowej lub granicy zmęczenia dla materiałów poddanych obciążeniom wieloosiowym bardzo istotne jest wyznaczenie zakresów, amplitud, wartości średnich itp. wielkości fizycznych związanych z obciążeniem. Jedną z tych wielkości jest drugi niezmiennik dewiatora stanu naprężenia. Praca dotyczy analizy wpływu kąta przesunięcia fazowego oraz stosunku amplitud okresowo zmiennych składowych złożonego obciążenia zmęczeniowego na cechy ścieżek obciążenia w przestrzeni dewiatorowej, na podstawie których wyznacza się zakres zmienności drugiego niezmiennika dewiatora.

Słowa kluczowe: zmęczenie wieloosiowe, trwałość zmęczeniowa, obciążenia nieproporcjonalne

1. WSTĘP

Powszechnie stosowane modele szacowania trwałości wytrzymałości zmęczeniowej oraz granicy zmęczenia dla obciążeń złożonych oparte są najczęściej na amplitudach, zakresach lub wartościach średnich pewnych wielkości fizycznych związanych ze stanem naprężenia [2, 3]. Są to np. naprężenie styczne i normalne działające na płaszczyźnie materiału, niezmienniki stanu naprężenia, naprężenie hydrostatyczne itp. Ich wyznaczanie polega najczęściej na analizie hodografów kreślonych przez wektory wyrażające te wielkości w trakcie cyklu obciążenia zmęczeniowego.

Przeanalizowano wpływ kąta przesunięcia fazowego oraz stosunku amplitud składowych złożonego stanu naprężenia, wynikającego z rozciągania-ściskania ze skręcaniem próbek cylindrycznych na cechy ścieżek obciążenia w przestrzeni dewiatorowej.

2. PRZESTRZEŃ DEWIATOROWA

Tensor stanu naprężenia:

$$\sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \sigma_{23} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_{33} \end{bmatrix} \quad (1)$$

można rozłożyć na aksjator:

$$\sigma^A = \begin{bmatrix} \sigma_0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

odpowiadający za rozciąganie (ściskanie) średnim naprężeniem normalnym (naprężeniem hydrostatycznym) σ_0 w każdym kierunku i dewiator:

$$\sigma^D = \sigma - \sigma^A = \begin{bmatrix} \sigma^D_{11} & \sigma^D_{12} & \sigma^D_{13} \\ \sigma^D_{21} & \sigma^D_{22} & \sigma^D_{23} \\ \sigma^D_{31} & \sigma^D_{32} & \sigma^D_{33} \end{bmatrix} \quad (3)$$

odpowiadający za odkształcenia postaciowe materiału [1].

Wielkością szczególnie istotną ze względu na hipotezy wyężeniowe oraz kryteria zmęczeniowe jest drugi niezmiennik dewiatora J_2 . Przykładowo, naprężenie ekwiwalentne według powszechnie stosowanej hipotezy Hubera-Misesa-Hencky'ego opisuje wzór:

$$\sigma_{\text{eq}} = \sqrt{3J_2} \quad (4)$$

Pierwiastek z drugiego niezmiennika dewiatora, $\sqrt{J_2}$, obliczyć można następująco:

$$\sqrt{J_2} = \sqrt{\frac{1}{2} \sigma^D : \sigma^D} \quad (5)$$

gdzie: oznacza iloczyn Frobeniusa:

$$A : B = \sum_{ij} A_{ij} B_{ij} \quad (6)$$

Dewiator często wygodnie jest analizować jako wektor σ^D_w w pięciowymiarowej przestrzeni Iljuszyna, w której jego długość odpowiada intensywności tensora σ [5]:

$$|\sigma^D_w| = \sigma_i = \sqrt{\frac{3}{2} \sigma^D : \sigma^D} \quad (7)$$

Stosując transformację zaproponowaną przez Papadopoulosa [4], dewiator można przedstawić w przestrzeni Iljuszyna jako wektor s , którego składowe wyznacza się ze wzorów.

$$s_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} \sigma^D_{11}, \quad s_2 = \frac{1}{2} (\sigma^D_{22} - \sigma^D_{33}) \quad (8)$$

$$s_3 = s^D_{12}, \quad s_4 = s^D_{13}, \quad s_5 = s^D_{23}$$

Po transformacji zapisać można:

$$\sqrt{J_2} = \sqrt{s \cdot s} = \sqrt{s \cdot s} \quad (9)$$

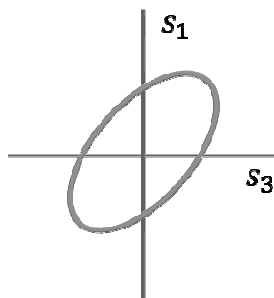
Dzięki temu, wartość $\sqrt{J_2}$ zinterpretować można jako moduł wektora s w pięciowymiarowej przestrzeni euklidesowej.

3. ŚCIEŻKI OBCIĄŻENIA

W przypadku, gdy stan naprężenia ma dwie składowe (np. rozciąganie-ściskanie ze skręcaniem) składowe s_2 , s_4 i s_5 przyjmują wartość równą zero i wektor s ma dwie niezerowe współrzędne. Przyjmują one następujące wartości:

$$s_1 = \frac{1}{\sqrt{3}} \sigma_{11}, \quad s_3 = \sigma_{12} \quad (10)$$

Wektor s ma dwie współrzędne, dlatego zmiany jego modułu i położenia w czasie cyklu obciążenia zmęczeniowego przedstawić można graficznie na płaszczyźnie jako tzw. ścieżkę obciążenia. Na rysunku 1 przedstawiono przykładową ścieżkę obciążenia w układzie osi s_1 i s_3 dla złożonego, synchronicznego obciążenia zmęczeniowego o przebiegu sinusoidalnym z przesunięciem fazowym składowych.



Rys. 1. Przykładowa ścieżka obciążenia dla złożonego, synchronicznego obciążenia zmęczeniowego o przebiegu sinusoidalnym z przesunięciem fazowym składowych
Fig. 1. Sample load path for complex sine out-of-phase fatigue load

W przypadku rozciągania-ściskania ze skręcaniem o wahadłowym przebiegu sinusoidalnym próbek cylindrycznych, składowe s_1 i s_3 wyrażone mogą zostać w następujący sposób:

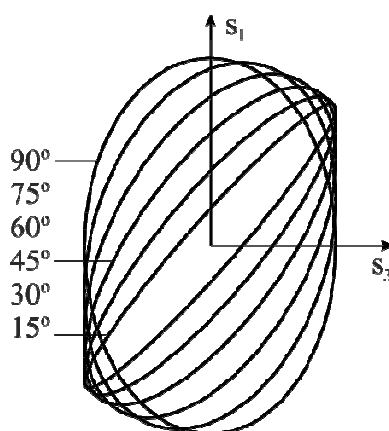
$$s_1 = \frac{1}{\sqrt{3}} \sigma_a \sin \omega t, \quad s_3 = \tau_a \sin \omega t - \delta \quad (11)$$

gdzie:

- σ_a – amplituda rozciągania-ściskania,
- τ_a – amplituda skręcania,
- δ – kąt przesunięcia fazowego.

4. ŚCIEŻKI OBCIĄŻENIA W PRZESTRZENI DEWIATOROWEJ W PRZYPADKU ROZCIĄGANIA-ŚCISKANIA ZE SKRĘCANIEM

Na rysunku 2 przedstawiono ścieżki obciążenia w przestrzeni dewiatorowej dla rozciągania-ściskania ze skręcaniem o przebiegach sinusoidalnych dla różnych wartości kąta przesunięcia fazowego δ . Amplitudy siły osiowej σ_a i momentu skręcającego τ_a zostały tak dobrane, aby uzyskać dla każdej ścieżki tę samą wartość amplitudy pierwiastka kwadratowego z drugiego niezmiennika dewiatora $\sqrt{J_2}$ (czyli także stałą wartość naprężenia ekwiwalentnego wg hipotezy Hubera-Misesa-Hencky'ego).

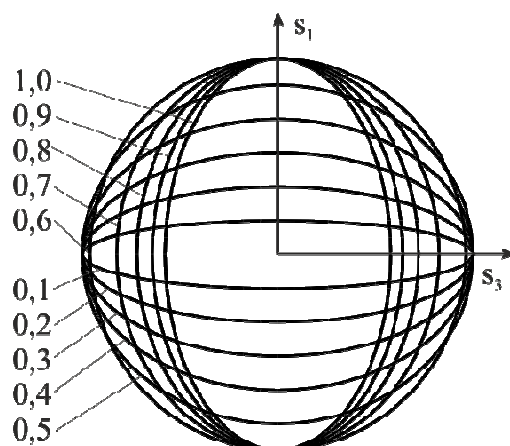


Rys. 2. Ścieżki obciążenia dla rozciągania-ściskania ze skręcaniem o przebiegach sinusoidalnych dla różnych wartości kąta przesunięcia fazowego δ i stałej amplitudy drugiego niezmiennika dewiatora

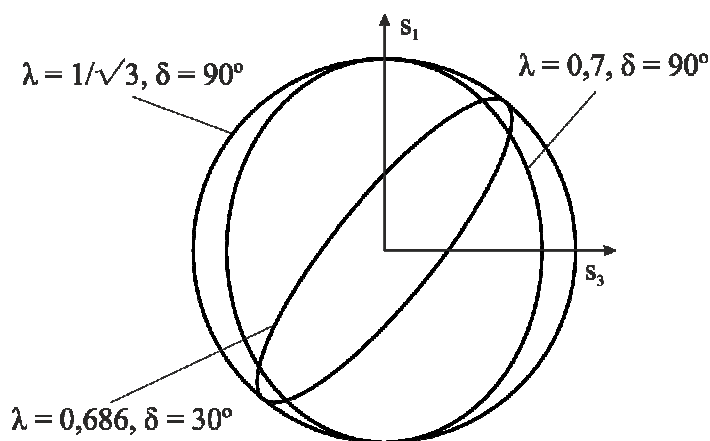
Fig. 2. Load paths for sine tension-compression with torsion for various values of phase shift angle δ and constant amplitude of second stress invariant

Podobnie wykreślono ścieżki obciążenia dla stałej wartości kąta przesunięcia fazowego δ i różnych wartości stosunku amplitud siły osiowej oraz momentu skręcającego λ , przy zachowaniu stałej wartości amplitudy $\sqrt{J_2}$ (rys. 3).

Na rysunku 4 przedstawiono ścieżki dla obciążeń dających tę samą wartość amplitudy $\sqrt{J_2}$ dla dwóch różnych kombinacji stosunku amplitud składowych λ i kątów przesunięcia fazowego δ , na tle ścieżki kreślonej dla obciążenia o wartości $\lambda = 1/\sqrt{3}$ i $\delta = 90^\circ$, czyli najbardziej nieproporcjonalnej wg hipotezy Hubera-Misesa-Hencky'ego.



Rys. 3. Ścieżki obciążenia dla stałej wartości kąta przesunięcia fazowego δ i różnych wartości λ
 Fig. 3. Load paths for constant value of phase shift angle δ and various values of λ .



Rys. 4. Ścieżki obciążenia dla dwóch różnych kombinacji stosunku amplitud składowych λ i kątów przesunięcia fazowego δ ,
 na tle ścieżki kreślonej dla obciążenia o wartości $\lambda = 1/\sqrt{3}$ i $\delta = 90^\circ$
 Fig. 4. Load paths for two different combinations of components amplitudes ratio λ and phase shift angles δ , against the path for load with $\lambda = 1/\sqrt{3}$ i $\delta = 90^\circ$

5. ANALIZA WYNIKÓW I WNIOSKI

W przypadku rozciągania-ściskania ze skręcaniem, o sinusoidalnych przebiegach składowych przesuniętych w fazie, ścieżka obciążenia w przestrzeni dewiatorowej jest zawsze elipsą. Zmiana kąta przesunięcia fazowego δ wpływa na obrót półosi elipsy względem układu współrzędnych oraz na wielkość pola powierzchni (długość półosi) przez nią zakreślonego.

Zmiana wartości stosunku amplitud składowych obciążenia λ w przedziale od 0 do $1/\sqrt{3}$ powoduje wzrost długości półosi elipsy w kierunku osi s_3 , przez co zwiększa się również jej pole powierzchni. Powyżej wartości $\lambda = 1/\sqrt{3}$ obniża

się długość półosi w kierunku osi s_1 , co powoduje, że maleje pole powierzchni elipsy.

Ścieżka obciążenia o największym polu powierzchni oraz stosunku długości półosi wynoszącym 1 występuje dla przypadku obciążenia o stosunku amplitud $\lambda = 1/\sqrt{3}$ i kącie przesunięcia fazowego $\delta = 90^\circ$ i jest okręgiem. Wszystkie ścieżki powstałe dla dowolnej kombinacji λ i δ , dającej tę samą wartość amplitudy drugiego niezmiennika dewiatora $\sqrt{J_2}$ są wpisane w ten okrąg i mają mniejsze od niego pola powierzchni.

LITERATURA

- [1] GAWĘCKI A.: Mechanika materiałów i konstrukcji prętowych. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1998.
- [2] LI B., REIS L., DE FREITAS M.: Comparative study of multiaxial fatigue damage models for ductile structural steels and brittle materials. *International Journal of Fatigue* 31, 2009, 1895-1906.
- [3] MEGGIOLARO M.A., DE CASTRO J.T.P.: An improved multiaxial rainflow algorithm for non-proportional stress or strain histories – Part I: Enclosing surface methods. *International Journal of Fatigue* 42, 2012, 217-226.
- [4] PAPADOPOULOS I.V., DAVOLI P., GORLA C., FILIPPINI M., BERNASCONI A.: A comparative study of multiaxial high-cycle fatigue criteria for metals. *International Journal of Fatigue* 19, 1997, 219-235.
- [5] ŻYCZKOWSKI M.: *Combined Loadings in the Theory of Plasticity*. PWN, Warszawa 1981.

INFLUENCE OF PHASE SHIFT ANGLE AND STRESS COMPONENTS RATIO OF COMPLEX FATIGUE LOAD ON LOAD PATHS FEATURES IN DEVIATORIC STRESS SPACE

Summary: During the formulation of models for estimation fatigue life, strength and limit of materials subjected to multiaxial loads, determination of ranges, amplitudes, mean values etc. of quantities related to load is of very high importance. One of these quantities is second invariant of deviatoric stress. Hereby work concerns analysis of influence of phase shift angle and periodic components of fatigue load ratio on features of load paths in deviatoric stress space, on basis of which, range of second invariant of deviatoric stress is being determined.

Key words: multiaxial fatigue, fatigue life, non-proportional loads

Lista recenzentów prac opublikowanych w 2013 roku
Reviewers list publication published in 2013

- | | |
|----------------------------|---|
| 1. Feliks CHWARŚCIANEK | Wyższa Szkoła Gospodarki,
Bydgoszcz |
| 2. Lucjan DĄBROWSKI | Politechnika Warszawska |
| 3. Andrzej GOŁĄBCZAK | Politechnika Łódzka |
| 4. Henryk HOLKA | Bydgoska Szkoła Wyższa |
| 5. Bronisław KOLATOR | Uniwersytet Warmińsko-Mazurski,
Olsztyn |
| 6. Danuta KÜNSTLER-LANGNER | Uniwersytet Mikołaja Kopernika,
Toruń |
| 7. Marek MACKO | Uniwersytet Kazimierza Wielkiego,
Bydgoszcz |
| 8. Jerzy NAPIÓRKOWSKI | Uniwersytet Warmińsko-Mazurski,
Olsztyn |
| 9. Dariusz OZIMINA | Politechnika Świętokrzyska,
Kielce |
| 10. Janusz SEMPRUCH | Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy,
Bydgoszcz |
| 11. Sławomir SPADŁO | Politechnika Świętokrzyska,
Kielce |
| 12. Jurij SZALAPKO | Narodowy Uniwersytet w Chmielnickim,
Ukraina |
| 13. Michał TRÄGER | Uniwersytet Mikołaja Kopernika,
Toruń |
| 14. Henryk TYLICKI | Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa,
Piła |
| 15. Maciej WOROPAY | Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych,
Warszawa |
| 16. Bogdan ŻÓLTOWSKI | Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy,
Bydgoszcz |