POSTĘPY
nauki i techniki

Advances in Science and Technology

12/2012

Zespół Redakcyjny / *Editorial Commitee*:

Gabriel Borowski – *redaktor naczelny* / *Editor-in-Chief*
Monika Wrona – *sekretarz redakcji* / *Secretary*
Izolda Gorgol – *redaktor statystczny / Statistical Editor*
Sylwia Pociupany – *redaktor języka polskiego / Polish Language Editor*
David Marcs – *redaktor języka angielskiego / English Language Editor*
Andrzej Krzyżak – *skład / Layout*

Redaktorzy tematyczni / *Topic Editors*:

Klaudiusz Lenik, Dorota Wójcicka-Migasiuk, Franciszek Dziubiński,
Renata Lis, Marcin Barszcz, Sylwester Korga

Czasopismo recenzowane – kwartalnik / *Reviewed Journal – Quarterly*

Rada Programowa / *Programing Board*:

- Prof. dr hab. inż. Klaudiusz Lenik – Politechnika Lubelska
- Prof. dr hab. inż. Franciszek Kluza – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
- Prof. dr hab. inż. Mirosław W. Kindraczuk – National Aviation University, Kiev
- Prof. dr hab. inż. Mykhaylo Pashechko – Politechnika Lubelska
- Prof. dr hab. inż. Tadeusz Pełczyński – Politechnika Lubelska
- Prof. dr hab. inż. Jan Senatorski – Instytut Mechaniki Precyzyjnej w Warszawie
- Dr hab. inż. Marek Jakubowski, prof. PL – Politechnika Lubelska
- Dr hab. inż. Franciszek Lis, prof. PL – Politechnika Lubelska
- Dr hab. inż. Wojciech Ozgowicz, prof. PŚl – Politechnika Śląska w Gliwicach
- Dr hab. inż. Dorota Wójcicka-Migasiuk, prof. PL – Politechnika Lubelska
- Dr inż. Paweł Chojnacki – Prezes Zarządu Oddziału SIMP w Lublinie

Adres Redakcji / *Editorial Office*:

Politechnika Lubelska
Katedra Podstaw Techniki
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38
tel. (81) 538 14 89, fax (81) 525 93 85
e-mail: pnt@pollub.pl, http://www.pnt.pollub.pl

© Copyright by Katedra Podstaw Techniki Politechniki Lubelskiej.

ISSN 2080-4075

Wydanie drukowane jest wersją pierwotną

Wydawca / *Publisher*:

Oddział SIMP w Lublinie
20-079 Lublin, ul. Chmielna 2a

SPIS TREŚCI

Grzegorz Bartnik, Grzegorz Kalbarczyk, Andrzej Marciniak
SYSTEM OCENY RYZYKA W PROCESIE PRODUKCJI WYROBU MEDYCZNEGO 5

Grzegorz Bartnik, Andrzej Marciniak
MODELOWANIE ŁAŃCUCHÓW PRZYCZYNOWO-SKUTKOWYCH W PROCESACH PROPAGACJI ZAGROŻEŃ I OPARTE O MODEL ZARZĄDZANIE BEZPIECZEŃSTWEM PRODUKTÓW MEDYCZNYCH 13

Grzegorz Chruścielski
WPŁYW ANIZOTROPII PO WALCOWANIU NA ODPORNOŚĆ NA PĘKANIE MATERIAŁU AW 7075-T651 19

Kazimierz Drozd, Leszek Gardyński, Krzysztof Olejnik
ZDARZENIA NIEPOŻĄDANE W TRANSPORCIE SAMOCHODOWYM W ASPEKCIE OGRANICZEŃ SKRAJNI PIONOWEJ 28

Piotr Ignaciuk, Leszek Gil, Henryk Komsta
PORÓWNANIE OSIĄGÓW SILNIKA O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM ZASILANEGO OLEJEM NAPĘDOWYM I BIOPALIWAMI OPARTYMI NA ESTRACH OLEJU RZEPAKOWEGO I ESTRACH OLEJU LNIANKI 40

Jakub Lisiecki, Paweł Rosa, Szymon Lisiecki
STANOWISKOWE BADANIE ZESPOŁU PRZENIESIENIA NAPĘDU NA PRZYKŁADZIE WIELOSTOPNIOWEJ PRZEKŁADNI ZĘBATEJ 46

Piotr Ignaciuk, Leszek Gil, Mariusz Walczak
IDENTYFIKACJA MECHANIZMU POWSTAWANIA USZKODZEŃ APARATURY WTRYSKOWEJ SILNIKÓW O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM 53

Kazimierz Kowalski
NIEUSZKADZALNOŚĆ, GOTOWOŚĆ I OBSŁUGIWALNOŚĆ SYSTEMÓW UZBROJENIA 61

Štefan Liščák, Krzysztof Olejnik, Grzegorz Woźniak
ZNACZENIE I ROLA TYLNEJ BELKI PRZECIWNAJAZDOWEJ POJAZDÓW W TRANSPORCIE DROGOWYM 72

Gabriel Nowacki
INTEROPERACYJNOŚĆ KRAJOWEGO SYSTEMU AUTOMATYCZNEGO POBORU OPŁAT – KSAPO 84

Józef Stokłosa, Grzegorz Koszałka, Leszek Gil
ANALIZA SIŁ W ELEMENTACH MOCUJĄCYCH ŁADUNKI NA POJAZDACH SAMOCHODOWYCH 94

Marcin Rychter
AWARYJNOŚĆ SYSTEMU CYFROWYCH TACHOGRAFÓW W ASPEKCIE PROWADZENIA CYFROWYCH TACHOGRAFÓW DRUGIEJ GENERACJI 101

Gabriel Borowski
PORÓWNANIE DWÓCH SPOSOBÓW OKREŚLENIA WYTRZYMAŁOŚCI BRYKIETÓW Z MATERIAŁÓW DROBNOZIARNISTYCH 115

Tadeusz Opasiak
BADANIA PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW SPRZĘGIEŁ PODATNYCH 122

Dominika Guzek, Dominika Głąbska, Agnieszka Wierzbicka
ZASTOSOWANIE KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZU DO PROGNOZOWANIA BARWY MIĘSA WOŁOWEGO PO OBRÓBCE CIEPLNEJ 131

Tomasz Leszczuk, Krzysztof Miastkowski
METODY OKREŚLANIA PARAMETRÓW GEOMETRYCZNYCH SYPKICH NAWOZÓW ROLNICZYCH I OGRODNICZYCH 139

Alina Gil, Tomasz Karoń
ANALIZA ŚRODKÓW I METOD OCHRONY SYSTEMÓW OPERACYJNYCH 149

Paweł Wlaź
WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII VNC DO URUCHAMIANIA PROGRAMÓW W PRZEGLĄDARCE INTERNETOWEJ 169

Halina Marczak
WYBRANE ASPEKTY BADAŃ WYKORZYSTANIA PODZIEMNYCH WYROBISK GÓRNICZYCH DO SKŁADOWANIA ODPADÓW 181

Anna Walczyna, Izabela Łucjan
POSTĘP TECHNICZNY A HUMANIZACJA PRACY 190

CONTENTS

Grzegorz Bartnik, Grzegorz Kalbarczyk, Andrzej Marciniak
SYSTEM OF RISK ASSESSMENT IN THE PRODUCTION PROCESS
OF MEDICAL PRODUCT 5

Grzegorz Bartnik, Andrzej Marciniak
MODELING OF CAUSE AND EFFECTS CHAINS IN RISK PROPAGATION AND
THE MODEL BASED SAFETY MANAGEMENT OF MEDICAL PRODUCTS 13

Grzegorz Chruścielski
EFFECT OF ROLLING ANISOTROPY ON FRACTURE TOUGHNESS
OF AW 7075-T651 ALLOY 19

Kazimierz Drozd, Leszek Gardyński, Krzysztof Olejnik
UNDESIRABLE INCIDENTS IN AUTOMOTIVE TRANSPORTATION
AS THE ASPECT OF THE VERTICAL GAUGE LIMITATIONS 28

Piotr Ignaciuk, Leszek Gil, Henryk Komsta
COMPARISON OF DIESEL ENGINE PERFORMANCE FUELED WITH DIESEL
FUEL AND BIOFUELS BASED ON RAPE-SEED OIL ESTERS AND
CAMELINE-SEED OIL ESTERS 40

Jakub Lisiecki, Paweł Rosa, Szymon Lisiecki
TESTING OF A TRANSMISSION UNIT ON A TEST BENCH 46

Piotr Ignaciuk, Leszek Gil, Mariusz Walczak
IDENTIFICATION OF THE MECHANISM OF FAILURES FORMATION
OF INJECTION SYSTEM COMPRESSION-IGNITION ENGINE 53

Kazimierz Kowalski
RELIABILITY, AVAILABILITY AND MAINTAINABILITY OF WEAPON
SYSTEMS 61

Štefan Liščák, Krzysztof Olejnik, Grzegorz Woźniak
IMPORTANCE AND ROLE OF THE REAR UNDERRUN VEHICLE BAR
IN THE ROAD TRANSPORT 72

Gabriel Nowacki
INTEROPERABILITY OF NATIONAL AUTOMATIC TOLL COLLECTION
SYSTEM – NATCS 84

Józef Stokłosa, Grzegorz Koszałka, Leszek Gil
ANALYSIS OF FORCES IN ELEMENTS USED FOR FASTENING LOADS
ON ROAD VEHICLES 94

Marcin Rychter
FAILURE FREQUENCY OF ELEMENTS OF THE SYSTEM OF DIGITAL TACHOGRAPHS IN THE ASPECT OF LEADING DIGITAL TACHOGRAPHS OF THE SECOND GENERATION 101

Gabriel Borowski
COMPARISON OF TWO METHODS OF DETERMINING THE STRENGTH OF BRIQUETTES FROM FINE GRAIN MATERIALS 115

Tadeusz Opasiak
THE STUDY OF THE BASIC PARAMETERS OF FLEXIBLE COUPLINGS 122

Dominika Guzek, Dominika Głąbska, Agnieszka Wierzbicka
APPLICATION OF COMPUTER IMAGE ANALYSIS FOR BEEF BLADE COLOUR AFTER THERMAL TREATMENT PREDICTION 131

Tomasz Leszczuk, Krzysztof Miastkowski
METHOD FOR DETERMINING GEOMETRIC PARAMETERS OF LOOSE FERTILIZERS AGRICULTURAL AND HORTICULTURAL 139

Alina Gil, Tomasz Karoń
ANALYSIS OF MEANS AND METHODS OF PROTECTION THE OPERATING SYSTEMS 149

Paweł Wlaź
USING VNC TECHNOLOGY FOR RUNNING PROGRAMS IN WWW BROWSERS 169

Halina Marczak
SELECTED ASPECTS OF RESEARCH THE USE OF UNDERGROUND MINING WORKINGS FOR WASTE STORAGE 181

Anna Walczyna, Izabela Łucjan
TECHNICAL PROGRESS AND THE HUMANIZATION OF WORK 190

Grzegorz Bartnik*, Grzegorz Kalbarczyk*, Andrzej Marciniak*

SYSTEM OCENY RYZYKA W PROCESIE PRODUKCJI WYROBU MEDYCZNEGO

Streszczenie. Ogólne regulacje zawarte w normie PN-EN ISO 14971 dostarczają wytwórcom wyrobów me-dycznych podstaw do konkretyzacji normy w postaci systemu oceny ryzyka dla konkretnego procesu i wyrobu. System ten jest zazwyczaj reprezentowany w postaci dokumentacji papierowej. Celem pracy było przekształcenie systemu oceny ryzyka do postaci modelu komputerowego. Opracowano metodykę budowy takiego modelu w technologii sieci bayesowskich. Technologia ta umożliwia funkcjonowanie modelu w trybie adaptacyjnej bazy wiedzy – tworzenie i uaktualnianie jej zawartości odbywa się poprzez interaktywny dialog z użytkownikiem a użytkowanie sprowadza się do zadawania pytań na których odpowiedzi generowane są za pomocą typowych dla sieci bayesowskich algorytmów inferencyjnych.

Słowa kluczowe: sieci probabilistyczne, inżynieria wiedzy, analiza ryzyka

Wstęp

Zarządzanie ryzykiem w produkcji wyrobów medycznych jest regulowane normą PN-EN ISO 14971 „Wyroby medyczne – Zastosowanie zarządzania ryzykiem w wyrobach medycznych" [8]. Analizę ryzyka przeprowadza się dla zagrożeń związanych z procesem projektowym, procesem produkcyjnym, procesem przechowywania, procesem dostarczenia wyrobu klientowi i wprowadzaniem wyrobu do użytkowania. Analizie poddaje się ryzyko związane z kontaktem użytkownika z wyrobem a także dla zagrożeń środowiskowych infrastruktury. W analizie ryzyka ocenia się zarówno prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożeń jak i konsekwencje i szkody z nimi związane.

Ogólne regulacje zawarte w normie dostarczają wytwórcom wyrobów medycznych podstaw do konkretyzacji normy w postaci systemu oceny ryzyka dla szczególnego procesu i wyrobu. Miarę ryzyka określa się za pomocą iloczynu prawdopodobieństwa O wystąpienia szkody, miary jej konsekwencji S i wykrywalności D (oznaczenia wg normy):

$$RL= S \times O \times D \tag{1}$$

W normie został określony proces identyfikowania zagrożeń, oceny związanego z nimi ryzyka, kontrolowania ryzyka i monitorowania skuteczności tej kontroli.

Procedura oceny ryzyka wymaga znajomości technologii procesu i składa się z następujących etapów:

* Katedra Podstaw Techniki, Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, grzegorz.bartnik@up.lublin.pl

– identyfikacja właściwości procesu lub wyrobu medycznego mających wpływ na bezpieczeństwo wyrobu,
– identyfikacja znanych, możliwych do przewidzenia zagrożeń wraz z ich konsekwencjami,
– oszacowanie wartości wagi każdego z zagrożeń, prawdopodobieństwa jego wystąpienia oraz miary jego wykrywalności.

Pierwszy etap składa się z działań, których celem jest uzyskanie i uporządkowanie informacji o procesie i wyrobie. Informacje te dotyczą przewidzianego zastosowania wyrobu, jego budowy i procesu wytwarzania, mających przy tym zastosowanie przepisów prawa i norm, wyposażenia podstawowego i dodatkowego związanego z wyrobem, właściwości i cech wyrobu czy procesu, kwalifikacji użytkowników, wyników przeprowadzonych testów i badań, reklamacji oraz zastrzeżeń dotyczących jakości (jeżeli takie się pojawiły).

Drugi etap dotyczy identyfikacji zagrożeń w oparciu o wcześniejsze informacje o procesie z jednoczesną kategoryzacją zagrożeń. Na podstawie załącznika D w normie PN-EN ISO 14971:2010 oraz własnego doświadczenia i analizy posiadanej wiedzy należy opracować listę pytań (tab.1) dotyczących wyrobu i procesu (załącznik D normy zawiera przykładowe pytania). Postawione pytania należy kolejno przeanalizować i wypełnić tabelę uwzględniająca kategoryzację zagrożeń (tab. 2). Należy uwzględnić wszystkie możliwe aspekty tj. pogrupować środowiska zagrożeń np. zagrożenia elektryczne, związane ze środowiskiem czy użytkowaniem wyrobu. Tabelę uzupełnić komentarzem zawierającym możliwe przyczyny zagrożeń.

Trzeci etap to wyznaczenie wartości miar (wag) zagrożeń S, prawdopodobieństwa ich wystąpienia O i wykrywalności D dla każdego zagrożenia. Stosuje się tu skale porządkowe od 1 do 10. Jako syntetyczną miarę przyjmuje się jak już wyżej wspomniano iloczyn RL.

Wynikową wartość zagrożenia kategoryzuje się do trzech poziomów:
– niski poziom ryzyka,
– umiarkowany poziom ryzyka,
– wysoki poziom ryzyka.

Wysoki poziom ryzyka oznacza konieczność podjęcia stosownych działań korygujących łącznie z wstrzymaniem danego procesu i sprzedaży gotowego wyrobu. Umiarkowany poziom ryzyka jest obszarem ryzyka akceptowalnego. Wymagane są jednak działania korygujące, które powinny doprowadzić do stałego obniżania ryzyka do coraz niższego poziomu (należy zaproponować zmiany technologiczne, rozważyć środki ostrzegawcze itp.). Niski Poziom ryzyka nie wymaga podejmowania żadnych działań.

Celem pracy jest zbudowanie komputerowego modelu systemu oceny ryzyka w procesie produkcji wyrobu medycznego z uwzględnieniem skonkretyzowanych wymagań normy na przykładzie produkcji kompozytów stomatologicznych.

1. Metodyka modelowania

Do zbudowania komputerowego modelu systemu oceny ryzyka zastosowano technologię sieci bayesowskich. Sieci bayesowskie są jednym z zaakceptowanuych systemów

symbolicznych (języków) reprezentacji wiedzy w warunkach niepewności [4, 6, 7]. Występowanie czynnika niepewności i potrzeby rozumowania w kategoriach niepewności jest nieodłącznie związane z procesami produkcyjnymi. Zarządzanie ryzykiem w produkcji wyrobów i usług jest jednym z podstawowych aspektów funkcjonowania przedsiębiorstwa. Zastosowanie sieci bayesowskich do modelowania zagrożeń i analizy ryzyka jest przedmiotem wielu publikacji a w szczególości prac Fentona i Neila [2, 3, 5]. Sieci bayesowskie jako modele ryzyka w systemie HACCAP są przedmiotem opracowania autorów również tej publikacji [1].

Reprezentacja wyżej opisanej, wynikającej z norm, procedury oceny ryzyka w postaci sieci bayesowskiej tworzona jest w ten sposób, że każdy etap procedury reprezentowany jest przez odrębną warstwę węzłów sieci, przy czym połączenia między węzłami zachodzą tylko pomiędzy sąsiednimi warstwami. Pierwsza warstwa węzłów reprezentuje informacje o procesie i kategorie zagrożeń związanych z procesem produkcyjnym. Informacje te pobierane są przez zebranie odpowiedzi na wynikający z normy zbiór pytań. Przykład takich pytań przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka wyrobu medycznego – przykłady pytań

L.p.	Charakterystyka wyrobu medycznego
1	Jakie przewidziano zastosowanie wyrobu i jak ma on być używany?
2	Czy wyrób styka się z pacjentem, użytkownikiem lub innymi osobami?
3	Z jakich materiałów i elementów jest zbudowany wyrób lub, jakie materiały i elementy są używane?
4	Czy i w jaki sposób energia jest dostarczana do pacjenta lub odbierana od niego?
5	Czy do pacjenta są dostarczane jakieś substancje lub odbierane od niego?
6	Czy wyrób poddaje przetwarzaniu materiały biologiczne do późniejszego ponownego użycia?
7	Czy wyrób jest dostarczany jako sterylny lub przeznaczony do sterylizacji przez użytkownika lub czy ma zastosowanie inny nadzór mikrobiologiczny?
8	Czy wyrób ma podlegać czyszczeniu i dezynfekowaniu, sterylizacji przez użytkownika?
9	Jak dalece wyrób może zmieniać środowisko pacjenta?
10	Czy są wykonywane pomiary przez wyrób?

Druga warstwa węzłów reprezentuje kategorie zagrożeń K, trzecia warstwa to węzły reprezentujące rodzaje zagrożeń Z (Tabela 2), czwarta warstwa składa się z węzłów określających odpowiednio, stopień zagrożenia S, prawdopodobieństwo występowania O i wykrywalność D dla poszczególnych zagrożeń. Piątą warstwę tworzą węzły deterministyczne reprezentujące iloczyn RL dla każdego zagrożenia. Szósta warstwa to również węzły deterministyczne odwzorowujące wartości iloczynu RL w kategorie ryzyka.

Reguły odwzorowujące odpowiedzi na pytania Q w kategorie zagrożeń K są regułami heurystycznymi, budowanymi przez eksperta w zakresie technologii modelowanego procesu. Dla uproszczenia ich formalnego zapisu zbiór pytań o możliwych wielu odpowiedziach zamieniono na zbiór pytań rozstrzygających, tj. takich, na które odpowiedź jest

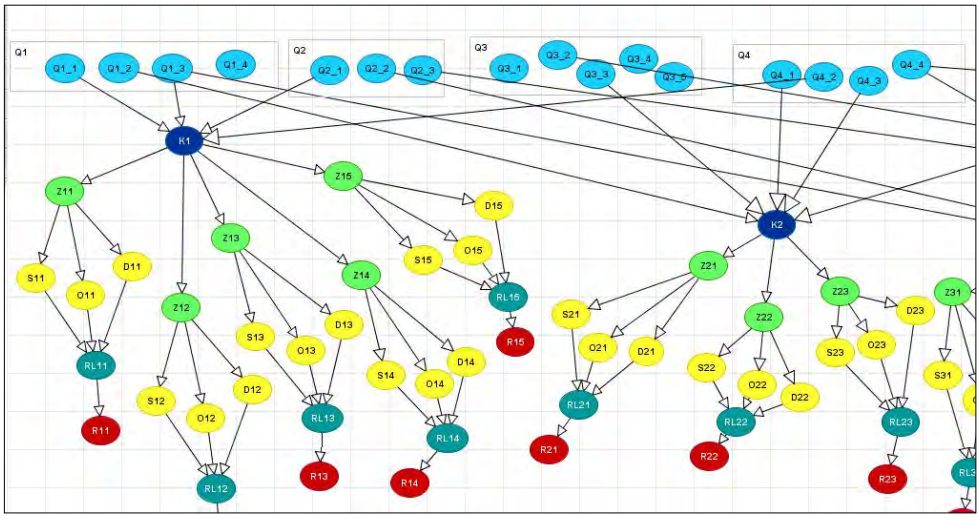
„tak", „nie". Takie przekształcenie tworzymy w ten sposób, że pytanie o „n" możliwych odpowiedziach zamieniane jest na „n" pytań o odpowiedziach binarnych. Wówczas węzły reprezentujące kategorie (jest ich tyle, ile kategorii) mają przyporządkowaną funkcję boolowską, której argumentami są binarne odpowiedzi na pytania Q. Te funkcje mogą w szczególności być probabilistycznymi funkcjami boolowskimi wykorzystującymi operatory „noisy or" czy też „noisy and".

Tabela 2. Kategorie potencjalnych zagrożeń

kategoria zagrożenia K		zagrożenia Z
K1	ASPEKT ENERGII	Z11 – złe właściwości mechaniczne Z12 – niepożądana polimeryzacja Z13 – uszkodzenie wyrobu Z14 – zakłócenie procesu produkcji
K2	ASPEKT BIOLOGICZNY	Z21 – zakłócenie procesu produkcji Z22 – uszkodzenie wyrobu Z23 – zatrucie pracownika
K3	ASPEKT ŚRODOWISKA	Z31 – zakłócenie procesu produkcji Z32 – uszkodzenie wyrobu Z34 – złe właściwości mechaniczne Z34 – zatrucie pracownika Z35 – nieprawidłowy kolor Z36 – zmniejszenie żywotności wyrobu Z37 – produkcja toksyn
K4	ASPEKT INFORMACJI	Z41 – uszkodzenie wyrobu Z42 – zmniejszenie żywotności wyrobu Z43 – produkcja toksyn Z44 – uszkodzenie urządzeń Z45 – zatrucie pracownika Z46 – zakłócenie procesu produkcji
K5	ASPEKT USZKODZEŃ	Z51 – uszkodzenie wyrobu Z52 – zakłócenie procesu produkcji Z53 – uszkodzenie urządzeń
K6	ASPETK LUDZKI	Z61 – zanieczyszczenie chemiczne Z62 – uszkodzenie wyrobu Z63 – zakłócenie procesu produkcji Z64 – uszkodzenie urządzeń Z65 – zagrożenie zdrowia innych pracowników

2. Przykład modelowania

Opisana metodyka oceny ryzyka przedstawiona została na przykładzie procesu produkcji kompozytu stomatologicznego. Model oceny ryzyka w tym procesie przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Model oceny ryzyka w procesie produkcyjnym kompozytu stomatologicznego

Po skonkretyzowaniu odpowiedzi na pytania Q sieć wyznacza rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych kategorii zagrożeń. Następnie z dokładnością do rozkładu prawdopodobieństwa określane jest wystąpienie poszczególnych rodzajów zagrożeń. W oparciu o zamieszczone w normie reguły (tabela 3) oszacowywane są wartości parametrów S, O, D (tabela 4).

Iloczyny S, O, D wyliczane w węzłach RL są kategoryzowane według reguł:
$RL > 200$ wysoki poziom ryzyka,
$60 < RL \leq 200$ umiarkowany poziom ryzyka,
$RL \leq 60$ niski poziom ryzyka.

W przypadku modelowanego procesu wysoki poziom ryzyka nie występuje, umiarkowany poziom ma miejsce w przypadku siedmiu rodzajów zagrożeń a niski w pozostałych dziewięciu przypadkach.

3. Podsumowanie

Ogólne regulacje zawarte w normie PN-EN ISO 14971 dostarczają wytwórcom wyrobów medycznych podstaw do konkretyzacji normy w postaci systemu oceny ryzyka dla konkretnego procesu i wyrobu. System ten jest zazwyczaj reprezentowany w postaci dokumentacji papierowej. Celem pracy było przekształcenie systemu oceny ryzyka do postaci modelu komputerowego. Opracowano metodykę budowy takiego modelu w technologii sieci bayesowskich. Technologia ta umożliwia funkcjonowanie modelu w trybie adaptacyjnej bazy wiedzy – tworzenie i uaktualnianie jej zawartości odbywa się poprzez interaktywny dialog z użytkownikiem a użytkowanie sprowadza się do zadawania pytań na których odpowiedzi generowane są za pomocą typowych dla sieci bayesowskich algorytmów inferencyjnych.

Tabela 3. Wskazówki szacowania wartości parametrów analizy ryzyka

Waga	stopień zagrożenia S (severity)	prawdopodobieństwo występowania O (occurrence)	wykrywalność D (detectivity)
10	**Bardzo duże** Uszkodzenie lub zniszczenie produktu przerwanie lub poważne uszkodzenie procesu p. zniszczenie urządzeń, też katastrofalne straty materialne, poważne zagrożenie zdrowia pracowników	**Bardzo duża** ≅1:2 przypadki w trakcie trwania procesu	**Bardzo mała** Zupełnie nieprzewidziany sposób; brak doświadczeń w wykrywaniu
9	**Bardzo duże** Uszkodzenie lub zniszczenie produktu, procesu lub urządzeń, zagrożenie zdrowia pracowników, też straty materialne bardzo dużej wartości	**Bardzo duża** ≅1:3; w 30% przypadków	**Bardzo mała** Nieprzewidziane wystąpienie, nie daje doświadczeń do następnego
8	**Duże** Uszkodzenie produktu, procesu lub urządzeń Też straty materialne dużej wartości	**Duża** Zagrożenie często się powtarza; ≅1:8	**Mała** Wykrycie możliwe tylko podczas bardzo starannego przeglądu
7	**Duże** Uszkodzenie produktu, zatrzymanie procesu długotrwałe (pow. 7 dni) też straty materialne znacznej wartości	**Duża** Zagrożenie się powtarza; w ≅ 1:20	**Mała** Wykrycie możliwe podczas bardzo starannego przeglądu technicznego
6	**Umiarkowane** Zatrzymanie procesu krótkotrwałe (do 7 dni),	**Umiarkowana** Zagrożenie występuje; w ≅ 1:80	**Umiarkowana** Niewykrywalne normalnie, trudno podczas przeglądu
5	**Umiarkowane** Zatrzymanie procesu chwilowe, jednodniowe, wymagające wizyty serwisanta	**Umiarkowana** Zagrożenie niekiedy występuje; w ≅1:400 przypadków	**Umiarkowana** Niewykrywalne normalnie, na ogół wykrywane podczas przeglądu
4	**Małe** Zatrzymanie procesu chwilowe, jednodniowe nie wymagające wizyty serwisanta	**Mała** Rzadko spotykane, zdarzyło się; w ≅ 1:2000 przypadków	**Duża** Prawie pewne wykrycie podczas przeglądu technicznego
3	**Małe** Zatrzymanie procesu na kilka godzin, wymagające pomocy innego pracownika	**Mała** Zdarzyło się, że było bardzo bliskie wystąpienia, [1:15 000	**Duża** Pewne wykrycie podczas przeglądu technicznego
2	**Bardzo małe** Zatrzymanie procesu na kilka godzin, nie wymagające pomocy innego pracownika	**Bardzo mała** Ktoś słyszał, że przypadek wystąpił na podobnym urządzeniu; [1:150 000	**Bardzo duża** Prawie pewne wykrycie bez specjalnych zabiegów
1	**Bardzo małe** Zatrzymanie procesu krócej niż godzinę, usunięcie awarii samodzielne	**Bardzo mała** Nie jest znany ani jeden przypadek wystąpienia; [1:1 500 000	**Bardzo duża** Pewne wykrycie bez specjalnych zabiegów

Tabela 4. Szacowanie poziomu ryzyka

Zagrożenie	S	O	D	RL	Propozycje zmniejszenia poziomu ryzyka
Złe właściwości mechaniczne (widoczne – złe wymieszanie)	5	6	2	60	Umiarkowany poziom ryzyka
Złe właściwości mechaniczne (nieprawidłowe odważenie)	5	4	2	40	Niski poziom ryzyka
Złe właściwości mechaniczne (niewidoczne)	5	6	2	60	Umiarkowany poziom ryzyka
Uszkodzenie wyrobu (zaburzenie pracy urządzeń)	5	6	2	60	Umiarkowany poziom ryzyka
Niepożądana polimeryzacja (światło białe)	5	2	4	40	Niski poziom ryzyka
Zakłócenie procesu produkcji (awaria urządzeń, niedyspozycja pracownika)	5	4	1	20	Niski poziom ryzyka
Zatrucie pracownika (awaria urządzeń)	10	1	5	50	Niski poziom ryzyka
Niedyspozycja pracownika (awaria urządzeń)	6	3	3	54	Niski poziom ryzyka
Widoczne uszkodzenie wyrobu (zanieczyszczenia mechaniczne)	5	9	2	90	Umiarkowany poziom ryzyka
Nie widoczne uszkodzenie wyrobu (złe wymieszanie)	5	5	2	50	Niski poziom ryzyka
Nieprawidłowy kolor	5	5	2	50	Niski poziom ryzyka
Zmniejszenie żywotności wyrobu (złe materiały wejściowe)	5	3	9	135	Umiarkowany poziom ryzyka
Produkcja toksyn (awaria urządzeń)	8	2	4	64	Umiarkowany poziom ryzyka
Uszkodzenie urządzeń (zmiana napięcia, ciśnienia)	8	4	2	64	Umiarkowany poziom ryzyka
Zanieczyszczenie chemiczne (złe materiały wejściowe)	5	3	4	60	Umiarkowany poziom ryzyka
Zagrożenie zdrowia innych pracowników	9	2	2	36	Niski poziom ryzyka
Zanieczyszczenie urządzenia (złe materiały wejściowe)	6	3	2	36	Niski poziom ryzyka

Podstawowe zastosowanie takiego systemu oceny poziomu ryzyka w procesie produkcji kompozytu stomatologicznego dotyczy dwóch rodzajów procesów inferencyjnych:

– predykcji poziomu ryzyka jeżeli znamy odpowiedzi na przewidziane normą pytania dotyczące procesu i wyrobu,

– oceny wpływu zidentyfikowanych rodzajów zagrożeń oraz charakterystyki procesu przy założeniu wymaganego, końcowego poziomu ryzyka (wsteczna jego propagacja na wagi poszczególnych zagrożeń).

W zależności od wyniku oceny poziomu ryzyka (niskie, umiarkowane, wysokie) należy podjąć określone działania mające na celu jego obniżenie, w szczególności działania usuwające przyczyny zagrożeń.

Literatura

1. Bartnik G., Marciniak A.: Modelowanie ryzyka identyfikacji krytycznych punktów kontroli w łańcuchach żywności. Zarys inżynierii systemów bioagrotechnicznych, część 3b pod redakcją Leszka Powierzy. P.P.-H „DRUKARNIA" Sp. z o.o. Sierpc, s.401-420, Płock 2007.
2. Fenton N.E., Neil M.: Combining Evidence in Risk Analysis using Bayesian Networks. Agena White Paper, Agena White Paper W0704/01, www.agena.co.uk, 2004.
3. Fenton N.E., Neil M.: Visualising Risk. www.agenarisk.com, 2006.
4. Halpern J. Y. (2005): Reasoning about uncertainty. The MIT Press Cambridge, Massachusetts, London.
5. Neil M., Fenton N.E., Nielsen L.: Building large-scale Bayesian Networks. The Knowledge Engineering Review, 15(3), 257-284, 2000.
6. Pearl J. (1986): Fusion, Propagation, and Structuring in Belief Networks. Artificial Intelligence 29(3), 241-288.
7. Pearl J. (1988): Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference. Morgan Kaufmann.
8. PN-EN ISO 14971: Wyroby medyczne – Zastosowanie zarządzania ryzykiem w wyrobach medycznych. PKN, kwiecień 2009.

SYSTEM OF RISK ASSESSMENT IN THE PRODUCTION PROCESS OF MEDICAL PRODUCT

Summary. The general regulations contained in the standard PN-EN ISO 14971 provide to medical product manufacturers a basis for precise specification in the form of risk assessment system for a particular process and product. This system is usually represented in the form of paper documentation. The aim of this study was to transform the system of risk assessment into a computer model. The method of that transformation involves translation the paper based system specification to the form of Bayesian network. This technology enables the model to function as adaptive knowledge base, where creation and adaptation of its content is going through an interactive dialogue with the user and its operation is reduced to asking questions to which answers are generated using standard for Bayesian networks inference algorithms.

Key words: probabilistic networks, knowledge engineering, risk analysis

Grzegorz Bartnik*, Andrzej Marciniak*

MODELOWANIE ŁAŃCUCHÓW PRZYCZYNOWO-SKUTKOWYCH W PROCESACH PROPAGACJI ZAGROŻEŃ I OPARTE O MODEL ZARZĄDZANIE BEZPIECZEŃSTWEM PRODUKTÓW MEDYCZNYCH

Streszczenie. W pracy, na przykładzie kompozytu stomatologicznego przedstawiono problem oceny procesu i wyrobu medycznego z punktu widzenia finalnego, niepożądanego zdarzenia określanego jako incydent medyczny oraz.zaproponowano opartą o model metodę analizy takich zdarzeń. Rozpoznano cztery niepomijalnie prawdopodobne typy incydentów medycznych związanych ze stosowaniem kompozytu stomatologicznego. Są to: alergie, skaleczenia, zadławienia, zakrztuszenia oraz uszkodzenia tkanki miękkiej. Zidentyfikowano ciągi zdarzeń prowadzących do ich powstania. Wyniki tej identyfikacji zobrazowano za pomocą drzewa zdarzeń, które następnie przekształcono w sieć bayesowską. Taka reprezentacja wiedzy umożliwia, poprzez zastosowanie algorytmów uczenia maszynowego i automatycznego wnioskowania, uzyskiwanie praktycznie użytecznych odpowiedzi na szereg pytań dotyczących poziomu ryzyka i jego dystrybucji po stronie producenta i użytkownika wyrobu medycznego.

Słowa kluczowe: zarządzanie bezpieczeństwem wyrobów medycznych, probabilistyczne modelowanie incydentów medycznych

Wstęp

Problem analizy zagrożeń oraz konieczność jakościowej i ilościowej oceny ryzyka związanaego ze stosowaniem wyrobów medycznych jest przedmiotem norm i dyrektyw Unijnych [4, 5, 11, 12].

Normy dotyczące zarządzania bezpieczeństwem procesów i produktów przewidują stosowanie drzew zdarzeń i drzew błędów jako syntetycznego sposobu reprezentacji wiedzy o łańcuchach przyczynowo – skutkowych prowadzących do określonych, niepożądanych stanów finalnych.

Konstruktywna konceptualizacja i reprezentacja ryzyka w postaci modeli probabilistycznych (sieci bayesowskich) została opracowana przez Fentona and Neila [6, 7, 8, 9, 13, 14]. Opracowana przez nich metodologia została zaiplementowana w systemie modelowania AgenaRisk [1, 6, 18], który został zastosowany również w tej pracy.

W pracy analizowano proces i wyrób medyczny (kompozyt stomatologiczny) z punktu widzenia finalnego, niepożądanego zdarzenia określanego jako incydent medyczny. Pod pojęciem incydentu medycznego należy rozumieć „każde wadliwe działanie, pogorszenie cech

* Katedra Podstaw Techniki, Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, grzegorz.bartnik@up.lublin.pl

działania wyrobu medycznego, jak również każdą nieprawidłowość w oznakowaniach lub instrukcjach używania, które mogły bezpośrednio lub pośrednio doprowadzić do śmierci lub poważnego pogorszenia stanu zdrowia pacjenta, użytkownika lub osoby trzeciej oraz techniczną lub medyczną nieprawidłowość związaną z właściwościami lub działaniem wyrobu medycznego prowadzącą z przyczyn określonych powyżej do systematycznego wycofywania wyrobów tego samego typu przez wytwórcę" [17].

Celem pracy było rozpoznanie możliwych typów incydentów medycznych związanych ze stosowaniem kompozytów stomatologicznych oraz ciągów zdarzeń prowadzących do ich powstania. Wyniki tej identyfikacji zobrazowano za pomocą drzewa zdarzeń.

W celu zwiększenia funkcjonalności takiej reprezentacji wiedzy drzewo zdarzeń przekształcono w probabilistyczną sieć boolowską będącą szczególnym przypadkiem sieci bayesowskich.

Taka reprezentacja wiedzy umożliwia, poprzez zastosowanie algorytmów uczenia maszynowego i automatycznego wnioskowania, uzyskiwanie praktycznie użytecznych odpowiedzi na szereg pytań dotyczących poziomu ryzyka i jego dystrybucji dla producenta i użytkownika.

1. Konstruowanie drzewa zdarzeń

Rozpoznano cztery niepomijalnie prawdopodobne typy incydentów medycznych związanych ze stosowaniem kompozytu stomatologicznego. Są to:

- alergie,
- skaleczenia,
- zadławienia, zakrztuszenia,
- uszkodzenia tkanki miękkiej.

Ciągi zdarzeń prowadzące do tych incydentów opisano w formie dysjunktywnej przy użyciu bramek logicznych OR. Każda bramka OR ma wejścia należące do dwóch grup zdarzeń związanych bądź z wadami kompozytu stomatologicznego lub z błędami jego użytkownika (stomatologa), przy czym każde z tych zdarzeń jest zdarzeniem wystarczającym (stąd bramka OR). Uzyskane drzewo zdarzeń przedstawiono na rysunku 1.

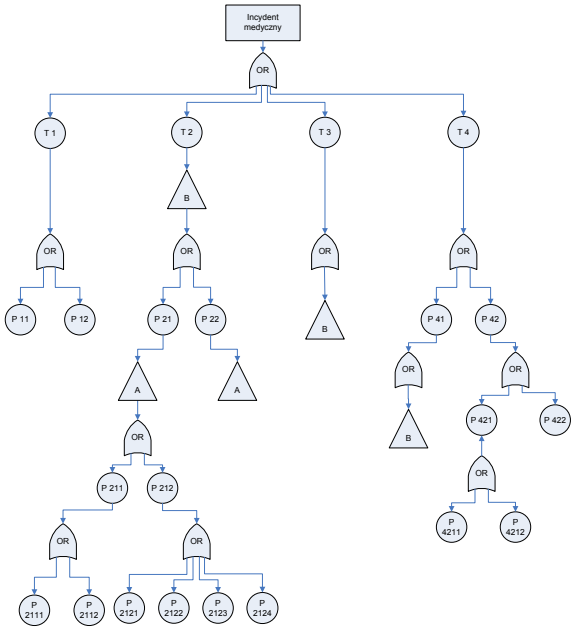
2. Reprezentacja wiedzy w postaci sieci bayesowskiej

Przekształcenie drzewa zdarzeń w sieć bayesowską sprowadza się do:

- odwzorowania poszczególnych zdarzeń w binarne zmienne losowe reprezentowane przez węzły sieci bayesowskiej połączone łukami skierowanymi, reprezentującymi relacje przyczynowo – skutkowe pomiędzy zdarzeniami,
- zmiany bramek logicznych na węzły sieci reprezentujące te operacje.

W porównaniu z drzewem zdarzeń sieć bayesowska umożliwia głębsze uwzględnienie niepewności wynikającej z niewiedzy poprzez zastosowanie w miejsce probabilistycznych bramek OR bramek NOISY_OR.

Sieć bayesowską odpowiadająca drzewu zdarzeń z Rys. 1 przedstawiono na Rys. 2.



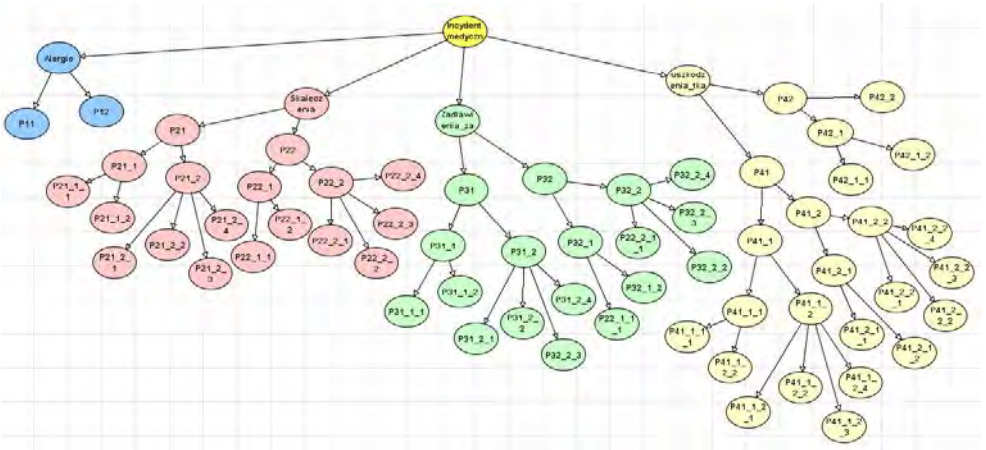
Rys. 1. Drzewo zdarzeń

T1 – alergia
T2 – skaleczenie
T3 – zadławienie, zakrztuszenie
T4 – uszkodzenie tkanki miękkiej
P11 – pacjent miał alergię na metakrylany
P12 – preparat wywołał alergię na metakrylany
P21 – wypadnięcie wypełnienia zęba
P22 – wykruszenie wypełnienia zęba
P211 – błąd stomatologa
P212 – nieodpowiednia adhezyjność preparatu
P2111 – niewłaściwe oczyszczanie
P2112 – niewystarczające utwardzanie
P2121 – błąd dozowania
P2122 – składniki niewłaściwie wymieszane
P2123 – nieodpowiednie przechowywanie
P2124 – preparat przeterminowany
P41 – uszkodzenie fragmentem preparatu
P42 – niewłaściwe działania
P422 – awaria lampy
P421 – błąd stomatologa
P4211 – zbyt długi czas naświetlania
P4212 – naświetlanie poza polem roboczym

Sieć ta jest gotowym modelem łańcuchów zdarzeń prowadzących do stanu określanego jako incydent medyczny. Model ten może funkcjonować jako baza wiedzy odpowiadająca na szereg pytań takich jak:

- jakie jest prawdopodobieństwo graniczne powstania incydentu medycznego?
- jakie jest prawdopodobieństwo tego, że incydent medyczny będzie określonego typu?
- jakie jest prawdopodobieństwo tego, że przyczyna incydentu medycznego będzie leżała po stronie producenta wyrobu medycznego?
- jakie jest prawdopodobieństwo tego, że przyczyna incydentu medycznego leży po stronie użytkownika wyrobu medycznego?

Do tych pytań ogólnych, dla których proces wnioskowania przebiega zgodnie z łańcuchem relacji przyczynowo – skutkowych (predykcje), dochodzą pytania typu wyjaśniającego (diagnozy), w których wystąpienie określonych niepożądanych zdarzeń specyfikowane jest jako twardy lub miękki fakt a celem wnioskowania jest wyznaczenie najbardziej prawdopodobnych ciągów zdarzeń wyjaśniające ich występowanie.



Rys. 2. Sieć bayesowska

P11 – pacjent miał alergię na metakrylany
P12 – preparat wywołał alergię na metakrylany
P21 – wypadnięcie wypełnienia zęba
P21_1 – błąd stomatologa
P21_1_1 – niewłaściwe oczyszczanie
P21_1_2 – niewystarczające utwardzanie
P21_2 – nieodpowiednia adhezyjność preparatu
P21_2_1 – błąd dozowania
P21_2_2 – składniki niewłaściwie wymieszane
P21_2_3 – nieodpowiednie przechowywanie
P21_2_4 – preparat przeterminowany
P22 – wykruszenie wypełnienia zęba
P22_1 – błąd stomatologa
P22_1_1 – niewłaściwe oczyszczanie
P22_1_2 – niewystarczające utwardzanie
P22_2_1 – błąd dozowania
P22_2_2 – składniki niewłaściwie wymieszane
P22_2_3 – nieodpowiednie przechowywanie
P22_2_4 – preparat przeterminowany
P31 – wypadnięcie wypełnienia zęba
P31_1 – błąd stomatologa
P31_1_1 – niewłaściwe oczyszczanie
P31_1_2 – niewystarczające utwardzanie
P31_2 – nieodpowiednia adhezyjność preparatu
P31_2_1 – błąd dozowania
P31_2_2 – składniki niewłaściwie wymieszane
P31_2_3 – nieodpowiednie przechowywanie
P31_2_4 – preparat przeterminowany
P32 – wykruszenie wypełnienia zęba
P32_1 – błąd stomatologa
P32_1_1 – niewłaściwe oczyszczanie
P32_1_2 – niewystarczające utwardzanie
P32_2_1 – błąd dozowania
P32_2_2 – składniki niewłaściwie wymieszane
P32_2_3 – nieodpowiednie przechowywanie
P32_2_4 – preparat przeterminowany
P41 – uszkodzenie fragmentem preparatu
P41 – wypadnięcie wypełnienia zęba
P41_1 – błąd stomatologa
P41_1_1 – niewłaściwe oczyszczanie
P41_1_2 – niewystarczające utwardzanie
P41_2 – nieodpowiednia adhezyjność preparatu
P41_2_1 – błąd dozowania
P41_2_2 – składniki niewłaściwie wymieszane
P41_2_3 – nieodpowiednie przechowywanie
P41_2_4 – preparat przeterminowany
P42 – wykruszenie wypełnienia zęba
P42_1 – błąd stomatologa
P42_1_1 – niewłaściwe oczyszczanie
P42_1_2 – niewystarczające utwardzanie
P42_2_1 – błąd dozowania
P42_2_2 – składniki niewłaściwie wymieszane
P42_2_3 – nieodpowiednie przechowywanie
P42_2_4 – preparat przeterminowany
P42 – niewłaściwe działania użytkowe
P42_1 – błąd stomatologa
P42_1_1 – zbyt długi czas naświetlania
P42_1_2 – naświetlanie poza polem roboczym
P42_2 – awaria lampy

3. Podsumowanie

Celem pracy było zbudowanie modelu umożliwiającego predykcję występowania incydentów medycznych związanych z użytkowaniem kompozytów stomatologicznych. Opra-

cowany model został wykonany w technologii sieci bayesowskich. Może on funkcjonować jako adaptacyjna baza wiedzy (algorytmy uczenia maszynowego) umożliwiająca predykcję incydentów medycznych oraz diagnozowanie przyczyn ich wystąpienia poprzez zastosowanie typowych dla sieci bayesowskich algorytmów inferencyjnych.

Zbudowany model należałoby jeszcze uszczegółowić poprzez rozciągnięcie łańcuchów przyczynowo – skutkowych zarówno w kierunku dokładniejszego sprecyzowania możliwych zdarzeń w postaci błędów uczestników procesu produkcji wyrobu medycznego, usterek przyrządów pomiarowych oraz niesprawności urządzeń technologicznych. Również należałoby uwzględnić w modelu reprezentację działań producenta zmniejszających ryzyko popełnienia błędu przez użytkowników wyrobu, np. działań takich jak umieszczanie odpowiednich informacji na opakowaniach i instrukcjach użycia wyrobu oraz prowadzenia szkoleń użytkowników.

Interesujące byłoby również rozpatrzenie możliwości nadania wyrobowi takich właściwości, które uniemożliwiałyby jego zastosowanie w przypadku, gdy jest wadliwy na przykład poprzez autodegradację.

Literatura

1. Agena Ltd: www.agenarisk.com, 2006.
2. Bartnik G., Marciniak A.: Modelowanie ryzyka w identyfikacji krytycznych punktów kontroli w łańcuchach żywności. Zarys inżynierii systemów bioagrotechnicznych, część 3b pod redakcją Leszka Powierzy. P.P.-H „DRUKARNIA" Sp. z o.o. Sierpc, s.401-420, Płock 2007.
3. Bartnik G., Kusz A., Marciniak A.: Dynamiczne sieci bayesowskie w modelowaniu procesu eksploatacji obiektów technicznych. Inżynieria Wiedzy i Systemy Ekspertowe, t. II, str. 201-208, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006.
4. Directive 2007/47/EC, Official Journal of the European Union L 247/21.
5. Directive 93/42/EEC of 14 June 1993 concerning medical devices (OJ L 169, 12.7.1993, p. 1).
6. Fenton N.E., Neil M.: Visualising Risk. www.agenarisk.com, 2006.
7. Fenton N.E., Neil M.: Combining Evidence in Risk Analysis using Bayesian Networks. Agena White Paper W0704/01, www.agena.co.uk, 2004.
8. Fenton NE, Krause P., Neil M.: Software Measurement: Uncertainty and Causal Modelling. IEEE Software 10(4), 116-122, 2002.
9. Fenton N.E., Marsh W., Neil M., Cates P., Forey S., Tailor T.: Making Resource Decisions for Software Projects. 26th International Conference on Software Engineering (ICSE 2004), May 2004, Edinburgh, United Kingdom. IEEE Computer Society 2004, ISBN 0-7695 – 2163-0, pp. 397-406.
10. Jansen F. V.: An introduction to Bayesian Networks. Taylor&Francis, London 1996.
11. Medical devices – Application of risk management to medical devices, EN ISO 14971:2009.
12. Medical devices – Quality management systems – Requirements for regulatory purposes, ISO 13 485:2003.

13. Neil M., Fenton N., Forey S., Harris R.: Using Bayesian Belief Networks to Predict the Reliability of Military Vehicles. IEE Computing and Control Engineering J 12(1), 11-20, 2001.
14. Neil M., Fenton N.E., Nielsen L.: Building large-scale Bayesian Networks. The Knowledge Engineering Review, 15(3), 257-284, 2000.
15. Pearl J.: Probabilistic reasoning in intelligent systems: networks of plausible reasoning. Morgan-Kaufman Publ. Inc. 1988.
16. PN-EN ISO 14971. Wyroby medyczne – Zastosowanie zarządzania ryzykiem w wyrobach medycznych. PKN, kwiecień 2009.
17. Ustawa z dnia 20 maja 2010 r. o wyrobach medycznych [Dz. U. 2010 nr 107 poz. 679].

MODELING OF CAUSE AND EFFECTS CHAINS IN RISK PROPAGATION AND THE MODEL BASED SAFETY MANAGEMENT OF MEDICAL PRODUCTS

Summary. On an example of a dental composite there was shown the problem of medical device evaluation from the viewpoint of final adverse event known as medical incident. We proposed the model based method of description and analysis of such events. There are four likely types of medical incidents concerned with the application of dental composite: allergies, scars, throttlings, chokings, and soft tissue damage. Cause–consequence chains of events resulted with medical incidents were modeled using Event Tree method. Resulted event tree was then converted into Bayesian network. Such representation of knowledge allows for application of machine learning algorithms and automatic inference, getting practically useful answers to several questions about the level of risk and its distribution on the side of the product manufacturer and its user.

Key words: medical products safety management, probabilistic modeling of medical incidents

Grzegorz Chruścielski*

WPŁYW ANIZOTROPII PO WALCOWANIU NA ODPORNOŚĆ NA PĘKANIE MATERIAŁU AW 7075-T651

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań własności mechanicznych i odporności na pękanie w płaskim stanie odkształcenia w kierunku zgodnym i poprzecznym do kierunku walcowania dla stopu aluminium AW 7075 T651. Stwierdzono, że odporność na pękanie przy płaszczyźnie pęknięcia X-Y (prostopadłej do kierunku walcowania) jest wyższa o około 20% niż przy płaszczyźnie pęknięcia Y-X (zgodnej z kierunkiem walcowania). Przedstawiono wyniki badań elektronomikroskopowych powierzchni pękania w obu przypadkach. Na podstawie fraktografii wykazano, że pękanie w kierunku X-Y, przebiegające w poprzek granic, propaguje przy udziale licznych uskoków i jest mniej stabilne, co przyczynia się do większej odporności na pękanie. Potwierdzono również mechanizm pękania poprzez łączenie się mikropor, powstałych w strukturze materiału w miejscach wydzieleń faz międzymetalicznych.

Słowa kluczowe: stop aluminium, odporność na pękanie, anizotropia, mechanizm pękania

Wprowadzenie

Stop AW 7075, którego polskim odpowiednikiem jest PA9, posiada szczególnie korzystne z punktu widzenia zastosowań konstrukcyjnych własności fizyczne i mechaniczne: małą gęstość, wysoką wytrzymałość, udarność i plastyczność, bardzo dużą odporność na zmęczenie i zadowalająca na korozję, łatwą obrabialność i przetwarzalność. Z tego względu znajdują one szerokie zastosowanie w przemyśle motoryzacyjnym i lotniczym [6, 12, 17].

Tak szeroki zakres zastosowań stopu AW 7075, w tym również na konstrukcje szczególnie odpowiedzialne, stwarza konieczność wszechstronnego poznania jego zachowania się przy obciążeniach cyklicznie zmiennych. Z punktu widzenia konstruktora istotna jest tu przede wszystkim wytrzymałość zmęczeniowa, odporność na pękanie w płaskim stanie odkształcenia (K_{IC}) oraz prędkość wzrostu pęknięcia zmęczeniowego (da/dN).

Odporność na pękanie materiału 7075 i innych stopów aluminium jest od wielu lat przedmiotem wielu prac, wśród których znaleźć można zarówno wyniki badań doświadczalnych [1-3, 7-11, 13, 15, 16, 18], jak i modele zależności tej odporności od mikrostruktury i własności mechanicznych [4, 14]. Jednak z uwagi na znaczenie odporności na pękanie przy projektowaniu i doborze materiału, wciąż istnieje potrzeba budowania coraz szerszej bazy danych z wynikami parametru K_{IC} dla materiałów w różnym stanie obróbki cieplnej i plastycznej. Dlatego też, w niniejszej pracy przedstawione zostaną wyniki wieloseryjnych

* Wydziałowy Zakład Wytrzymałości Materiałów, Wydział Mechaniczny, Politechnika Wrocławska, grzegorz.chruscielski@pwr.wroc.pl

badań odporności na pękanie w płaskim stanie odkształcenia dla płaszczyzny pękania zgodnej i prostopadłej do kierunku walcowania (odpowiednio płaszczyzny Y-X i X-Y, określane według PN-EN ISO 12737) dla materiału AW 7075 w postaci T651. Zaprezentowane zostaną również wyniki badań przełomów otrzymanych po przeprowadzonych próbach, wyjaśniające różnice w odporności na pękanie w tych dwóch różnych kierunkach.

1. Własności mechaniczne i odporność na pękanie

Przedmiotem badań odporności na pękanie był materiał AW 7075 w stanie T651 (materiał przesycany, wyprężany w celu usunięcia naprężeń cieplnych i sztucznie starzony) w postaci walcowanej płyty o grubości 25,00 mm. Skład chemiczny materiału podano w tab. 1.

Tabela 1. Skład chemiczny materiału AW 7075 (wg. Atestu Alcza Europe Flat Rolled Products, atest nr 0381740)

Pierwiastek	Al	Zn	Mg	Cu	Ti	Cr	Fe	Si	Mn	Sn	B	Na	Ti+Zr
Zawartość %	89,48	5,75	2,39	1,64	0,40	0,20	0,12	0,08	0,01	0,01	0,0009	0,0002	0,04

Własności wytrzymałościowe AW 7075 określono dla dwóch serii: seria KW obejmowała 6 próbek rozciąganych w kierunku walcowania, a seria KP – 6 próbek rozciąganych w kierunku prostopadłym do kierunku walcowania. Badania prowadzono na maszynie wytrzymałościowej MTS 810 z zastosowaniem ekstensometrów zaciskowych ręcznie nakładanych typu clip-on o rozdzielczości 0,1 μm, klasie dokładności 0,5 i zakresie pomiarowym 30 mm. Własności mechaniczne dla serii KW i KP przedstawiono w tab. 2.

Tabela 2. Własności mechaniczne materiału AW 7050

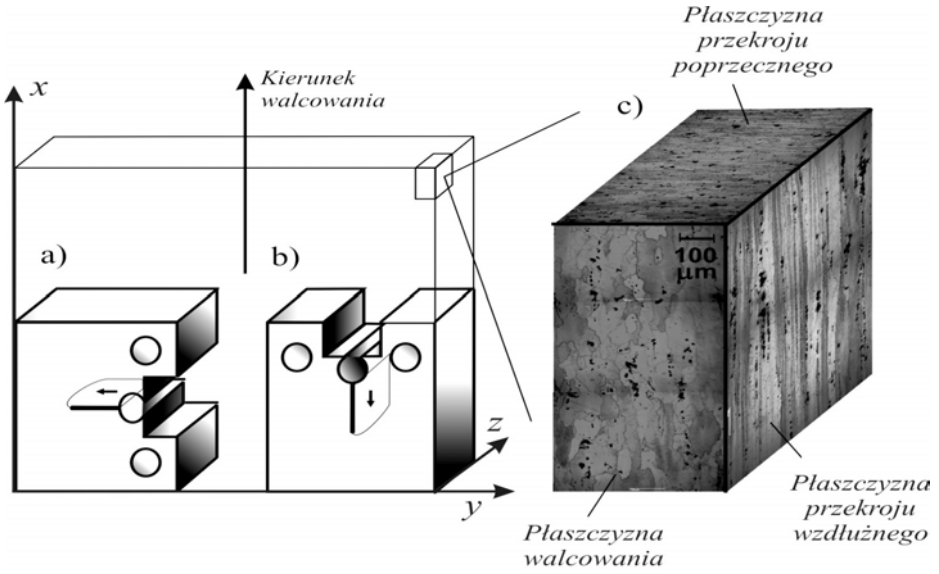
Wyznaczana wielkość	**Seria próbek**	
	KW	**KP**
$R_{p0,2}$ [MPa]	544	505
R_m [MPa]	600	570
A_5 [%]	10	9
Z [%]	12	9
E [MPa]	68382	71891

Korzystając z otrzymanych wyników badań mechanicznych dobrano grubość próbki do badań odporności na pękanie w płaskim stanie odkształcenia. Według danych literaturowych [5] grubość ta zależy od wartości stosunku granicy plastyczności do modułu Younga, który w tym przypadku równa się:

$$(R_{p0,2}/E) \times 10^3 = 7,514 \quad (1)$$

Dla tej wartości $R_{p0,2}/E$ grubość próbek ustalono jako 25 mm.

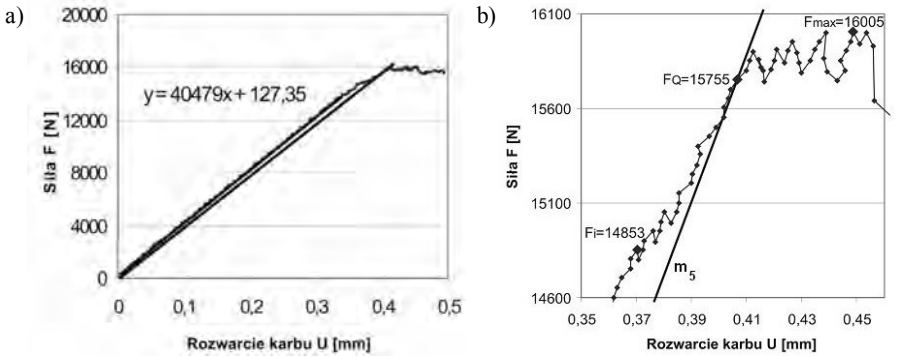
Badania odporności na pękanie prowadzono dla dwóch serii próbek zwartych, różniących się orientacją próbek w stosunku do kierunku walcowania: seria pierwsza obejmowała próbki o orientacji X-Y, a seria druga próbki o orientacji Y-X (rys. 1). Każda seria liczyła 12 próbek. Próbki posiadały wstępnie wykonany karb w postaci szczeliny o szerokości 0,2 mm.



Rys. 1. Orientacja stosowanych próbek w stosunku do kierunku walcowania: a) próbka o orientacji X-Y, b) próbka o orientacji Y-X, c) struktury na powierzchniach próbek. Trawienie Mi2Al. Materiał AW 7075

Odporność na pękanie w płaskim stanie odkształcenia wyznaczano zgodnie z warunkami normy PN-EN ISO 12737. Badania przeprowadzano na maszynie wytrzymałościowej MTS 858 Mini Bonix. Przy wykonywaniu szczeliny zmęczeniowej stosowano siłę maksymalną 8 kN, współczynnik asymetrii cyklu R=0,1 i częstotliwość 8 Hz. Wartość maksymalna współczynnika intensywności naprężeń przy zmęczeniu nie przekraczała 80% wartości K_Q określanej w następnej fazie badań. W cyklu rozrywania próbek stosowano prędkość przyrostu siły równą 400 N/s. Rejestracja rozwarcia karbu (U) w funkcji siły (F) odbywała się za pomocą karty pomiarowej z dokładnością 50N. Typowy wykres zależności *F=f(U)* wraz z funkcją opisującą zakres prostoliniowy wykresu oraz powiększenie fragmentu tego wykresu, na którym prosta pomocnicza m_5 przecina wykres siły, przedstawiono na rys. 2.

Wyniki badań odporności na pękanie materiału AW 7075 dla serii próbek o orientacji X-Y przedstawiono w tabeli 3, a dla serii próbek o orientacji Y-X – w tabeli 4. W tabelach, oprócz wartości wyznaczonego parametru K_{IC}, podano wartości siły F_i, przy której zarejestrowano pierwszy spadek wartości siły. Siła F_i ma istotne znaczenie z fizykalnego punktu widzenia, bowiem świadczy o inicjacji procesu pękania próbki [11]. Oznaczenia i wartości siły F_i, siły F_Q (odpowiadającej krytycznemu współczynnikowi intensywności naprężeń), oraz siły maksymalnej F_{max} zaznaczone zostały na wykresie na rysunku 2b.



Rys. 2. a) Wykres zmienności rozwarcia karbu w funkcji siły F=f(U) otrzymany przy wyznaczaniu odporności na pękanie K_{IC} dla próbki X1; b) powiększony fragment wykresu z prostą pomocniczą m_5 oraz zaznaczonymi wartościami sił Fi (siła inicjacji pęknięcia), F_Q (siła odpowiadająca odporności na pękanie K_{IC}) i F_{max} (siła maksymalna podczas próby)

Tabela 3. Wyniki badań odporności na pękanie w płaskim stanie odkształcenia materiału AW 7075 dla serii X-Y

Oznaczenie próbki	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
Grubość próbki B [mm]	24,92	24,93	24,95	24,92	24,95	24,95	24,81	24,95	24,89	24,95	24,95	24,95
Siła F_i [N]	14853	15656	16501	16553	16303	15954	15256	15401	15205	15606	16651	16553
Wartość średnia F_i [N]	15874											
Siła F_Q [N]	15755	16150	17550	17560	16711	16252	16105	15803	15713	16150	17200	17051
Siła F_{max} [N]	16004	16651	18402	18553	17151	16953	16603	16151	15751	17001	17312	17550
Odporność na pękanie K_{IC} [MPa/m$^{1/2}$]	31,04	30,69	31,38	31,16	31,02	31,81	30,91	30,09	31,47	30,56	30,75	31,34
Wartość średnia K_{IC} ± niepewność pomiaru dla k=2 i współcz. zmienności V	31,00 ± 0,27 [MPa/m$^{1/2}$], V = 1,49%											

2. Badania mikrostruktury przełomów

Wyniki badań odporności na pękanie wykazały wyraźną różnicę dla próbek o orientacjach X-Y i Y-X. Jest oczywistym, że różnica ta powodowana jest silną anizotropią własności mechanicznych, powstałą w materiale po walcowaniu [11, 18]. Jak można zobaczyć na rys. 2, w próbkach o orientacji X-Y pękanie następuje w płaszczyźnie przekroju poprzecznego, natomiast przy orientacji Y-X – w płaszczyźnie przekroju wzdłużnego. W celu określenia mechanizmu pękania materiału po każdej z tych płaszczyzn przeprowadzono badania struktury powierzchni przełomów dla obu rodzajów próbek.

Rysunek 3 przedstawia struktury powierzchni pękania w próbce o orientacji Y-X (lewa kolumna) i o orientacji XY (prawa kolumna). Na rys. 3a i 3b przedstawiono zdjęcia tej struktury obserwowane pod mikroskopem optycznym. Jak widać, obie płaszczyzny posiadają

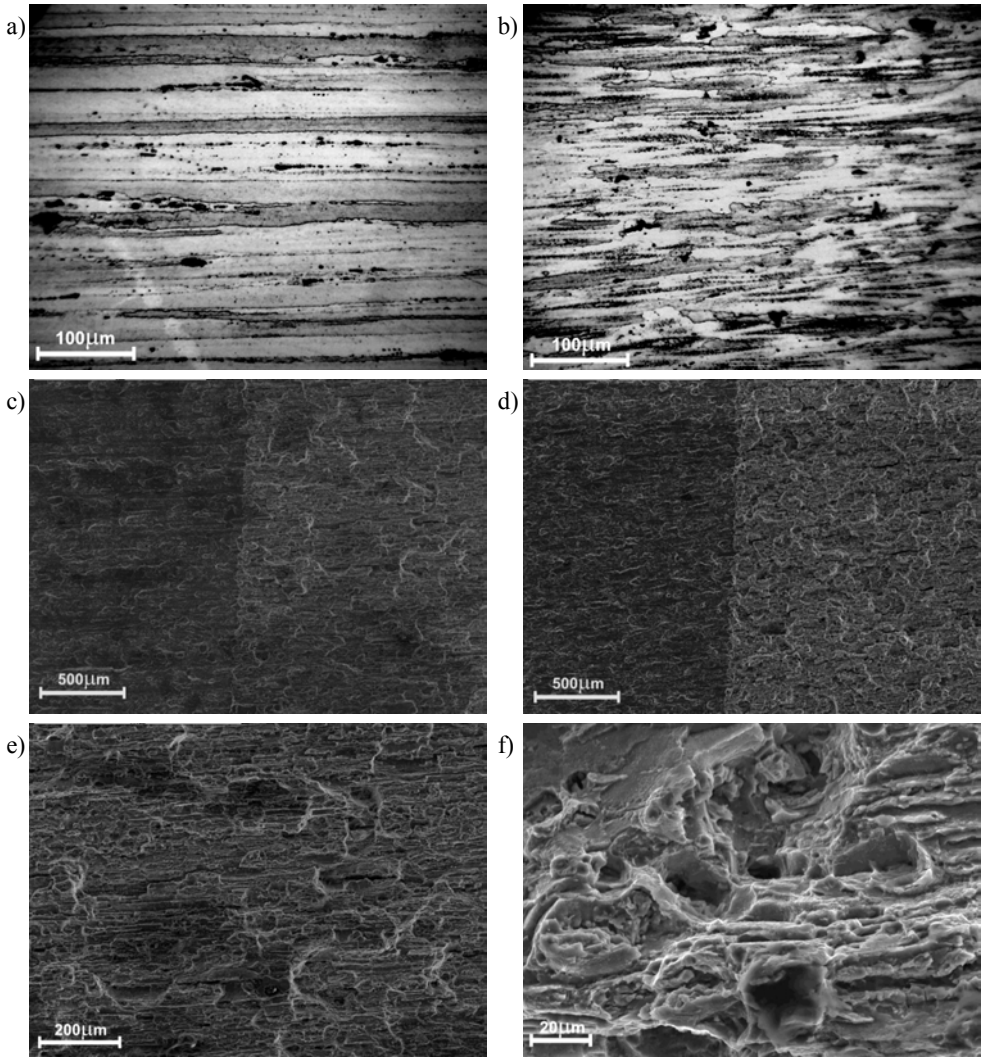
Tabela 4. Wyniki badań odporności na pękanie w płaskim stanie odkształcenia materiału AW 7075 dla serii Y-X

Oznaczenie próbki	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
Grubość próbki B [mm]	24,75	24,82	24,81	24,82	24,91	24,97	24,90	24,87	24,92	24,94	24,95	24,55
Siła F_i [N]	13250	14603	12302	13804	11953	13152	12852	13502	13801	13751	13050	13501
Wartość średnia F_i [N]	13293											
Siła F_Q [N]	13351	14952	12556	14251	12651	13851	13152	14400	14200	13901	14156	14102
Siła F_{max} [N]	13701	14952	12700	15007	12654	13903	13604	14800	14851	14101	14453	14304
Odporność na pękanie K_{IC} [MPa/m$^{1/2}$]	25,56	26,36	25,71	26,11	25,78	26,30	25,09	26,57	25,50	26,08	26,30	25,92
Wartość średnia K_{IC} ± niepewność pomiaru dla k=2 i współcz. zmienności V	25,95 ± 0,25 [MPa/m$^{1/2}$], V= 1,65%											

silną teksturę po odkształceniu plastycznym, przy czym ziarna na płaszczyźnie przekroju wzdłużnego są silnie wydłużone i ułożone pasmowo (rys. 3a), a ziarna na płaszczyźnie przekroju poprzecznego są krótsze i mają bardziej nieregularne kształty (rys. 3b). Grubości pasm ziaren w obu przypadkach wahają się od 5 do 30 μm, przy czym można przyjąć, że grubość średnia to 10 μm. Na obu powierzchniach widoczne są liczne wydzielenia faz międzymetalicznych – stwierdzono, że są to przede wszystkim związki bogate w miedź, typu $(Al,Cu)_6(Fe,Cu)$ oraz Al_7Cu_2Fe. Średni rozmiar wydzieleń wynosi ok. 15 μm, a największe z nich osiągają długość 30 μm. Co istotne, na powierzchni przekroju wzdłużnego wydzielenia te rozłożone są przede wszystkim wzdłuż granic ziaren, podczas gdy na powierzchni przekroju poprzecznego ich powiązanie z granicami ziaren jest o wiele mniejsze.

Rysunek 3 c-d przedstawia fraktografie z mikroskopu skaningowego (SEM), wykonane przy niewielkim powiększeniu. Fotografie te obejmują obszary przejścia ze strefy pękania zmęczeniowego do strefy pękania doraźnego, a więc strefy, w których przy wzrastającej sile rozrywającej, po przekroczeniu krytycznej wartości współczynnika intensywności naprężeń w wierzchołku szczeliny zmęczeniowej doszło do inicjacji pękania (momentowi temu odpowiada siła F_i). Jak widać, granica między oboma strefami pękania jest przy tym powiększeniu w obu przypadkach bardzo wyraźna, a porównując powierzchnie pękania dla obu próbek dostrzec można pewne różnice. Przy pękaniu po powierzchni Y-X powierzchnia pęknięcia jest bardziej jednorodna, co wskazuje, że pękanie ma charakter stabilny. Większa część przełomu ma tu charakter włóknisty, co jeszcze lepiej jest widoczne przy większym powiększeniu (fot. 3e). Pasma włókien mają tu grubość od 5 do 20 μm, co wskazuje, że są to granice wydłużonych po walcowaniu pasmowych ziaren.

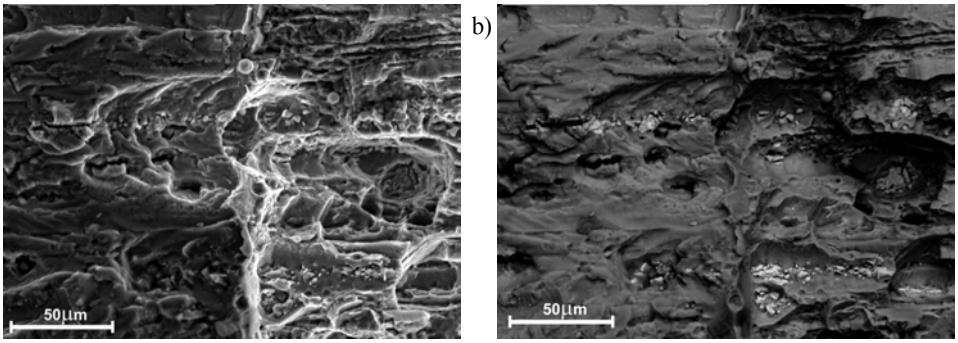
W drugiej próbce, w której płaszczyzna pękania miała kierunek X-Y, włókniste układy ziaren są bardziej nieregularne i pokryte gęstą siatką uskoków (fot. 3d). Pękanie tutaj nie ma charakteru stabilnego, ponieważ front pęknięcia przebiega w poprzek kierunku orientacji ziaren (por. układ ziaren na powierzchniach próbek na rys. 1). Przy większym powiększeniu (rys. 3f) widoczne są liczne bruzdy i wgłębienia, co wskazuje na ciągliwy charakter pękania, ale dostrzec też można obszary przełomu międzykrystalicznego (lewy górny róg na fot. 3f).



Rys. 3. Powierzchnie pękania materiału AW 7075 dla próbki o orientacji Y-X (kolumna lewa) i próbki o orientacji X-Y (kolumna prawa): a, b) zdjęcia struktury z mikroskopu optycznego, trawione Mi2Al; c – f) przełomy próbek po wykonaniu prób wyznaczania odporności na pękanie. Front pęknięcia postępował od strony lewej do prawej. Fotografie wykonane na mikroskopie skaningowym (SEM)

Na rys. 4 przedstawiono fotografie SEM tego samego obszaru z granicy między pęknięciem zmęczeniowym a doraźnym, przy czym fotografia 4b wykonana została w technice BSE, która ujawnia obecność na dnie bruzd i wgłębień pozostałości wydzieleń faz międzymetalicznych. Jest to dowód na to, że te niekoherentne wydzielenia pełnią w materiale rolę mikropor, które uaktywniały mechanizm pękania polegający na zrywaniu „mostków" mię-

dzy wydzieleniami i łączeniu się mikropor. Mechanizm ten jest często spotykany w stopach aluminium serii 7000 [1, 4, 8, 9, 13].



Rys.4. Powierzchnie pękania materiału dla próbki Y-X przy wierzchołku pęknięcia zmęczeniowego (rys. a) i obraz BSE tego samego miejsca z widocznymi pozostałościami po krystalitach wydzieleń faz międzymetalicznych na dnie mikropor (rys. b). Fotografie SEM

3. Wnioski

Badania wytrzymałościowe płyty walcowanej z materiału AW 7075 wykazały, że materiał ten posiada o ok. 5-7% większą wartość granicy plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie w kierunku walcowania (KW) niż w kierunku poprzecznym (KP). Własności plastyczne okazały się lepsze w kierunku zgodnym z kierunkiem walcowania. Różnica w wartości modułu Younga jest nieznaczna (ok. 2%) i mieści się w granicach błędu statystycznego.

Badania odporności na pękanie w płaskim stanie odkształcenia wykazują, że wartość K_{IC} wynosi 25,95 MPaxm^{0,5} dla próbek o orientacji Y-X i 31,00 MPaxm^{0,5} dla próbek o orientacji X-Y; różnica wynosi więc niemal 20%. Wartości te są nieco wyższe niż dane podawane przez Alcoa, zgodnie z którymi K_{IC} wynosi odpowiednio 28,6 i 24,2 MPaxm^{0,5} [19]. Ponadto stwierdzić można, że istnieje korelacja między wartością K_{IC} a własnościami wytrzymałościowymi materiału w określonym kierunku: próbki rozciągane w kierunku walcowania (KW) mają większą wartość R_m i $R_{p0,2}$, podobnie jak wartość K_{IC} jest większa dla próbek, w których siła rozciągająca jest zgodna z kierunkiem walcowania (są to próbki serii XY – por. rys. 1). Zależność taka znalazła też potwierdzenie w pracy [7].

Badania struktury przełomów wykazały, że przy pękaniu po powierzchni Y-X (zgodnej z kierunkiem walcowania) powierzchnia pęknięcia jest bardziej jednorodna, z włóknami tworzonymi przez granice ziaren. Pękanie przebiega tu bardziej stabilnie, co daje efekt w postaci mniejszej odporności na pękanie K_{IC} dla tego kierunku odkształcania. Przy pękaniu w płaszczyźnie X-Y, gdzie front pęknięcia przebiega w poprzek kierunku walcowania, układy włókniste ziaren są pokryte gęstą siatką uskoków, co wskazuje na hamowanie pękania i tłumaczy większą odporność na pękanie K_{IC}. Ponadto, w obu przypadkach stwierdzono występowanie mechanizmu pękania materiału na drodze łącznia się mikropor, powstałych w miejscach wydzielania się faz międzymetalicznych.

Literatura

1. Cvijović Z. i in.: Microstructural dependence of fracture toughness in high-strength 7000 forging alloys. Eng. Fracture Mech., 75, 2008, 2115-2129.
2. De Jong H.F.: Thickness direction inhomogenity of mechanical properties and fracture toughness as observed in aluminium 7075-T651 Plate Material. Engineering Fracture Mechanics, 13, 1980, 175-192.
3. Deshpande N.U. i in.: Relationship Between Fracture Toughness, Fracture Path, and Microstructure of 7050 Aluminum Alloy: Part I. Quantitative Characterization. Metallurgical and Materials Transactions, Apr 1998, 29A, 4, 1191-1201.
4. Dumont D. i in.: A model of predicting fracture mode and toughness in 7000 series aluminium alloys. Acta Mater. 52, 2004, 2529-2540.
5. Gołaski L.: Elementy doświadczalnej mechaniki pękania. Podręcznik akademicki. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 1992.
6. Heinz A. i in.: Recent development in aluminum alloys for aerospace applications. Material Science and Engineering A 2000, 280 (1), 102-107.
7. Kawabata T. i in.: On the relationship between ductility and fracture toughness in an Al-6.0% Zn-2.5% Mg alloy. Acta Metallurgica 29 (1), 1981, 229-239.
8. Lai M.O. i in.: Fracture toughness of aluminium alloy 7075-T6 in the as-cast condition. Materials Science and Engineering, 74 (2), 1985, 133-138.
9. Lee K. i in.: Correlation of microstructure with mechanical properties and fracture toughness of A356 aluminum alloys fabricated by low-pressure-casting, rheo-casting, and casting-forging precesses. Engineering Fracture Mechanics 75, 2008, 4200-4216.
10. Li Jin-feng i in.: Mechanical properties, corrosion behaviors and microstructures of 7075 aluminium alloy with various aging treatments. Trans. Nonferrous Met. Soc. China 18, 2008, 755-762.
11. Majerus J.N. i in.: Anisotropy in Fracture Behavior of Thin Al 7075-T651 Plates. Engineering Fracture Mechanics, vol. 56 No. 3, 1997, 437-442.
12. Miller W.S. i in.: Recent development in aluminum alloys for the automotive industry. Mater Sci Eng A, 2000, 280 (1), 37-49.
13. Mishnaevsky L.L.Jr i in.: In situ observation of damage evolution and fracture in Al-Si7Mg0.3 cast alloys. Engineering Fracture Mechanics 63, 1999, 395-411.
14. Roven H.J.: A model for fracture toughness predictions in aluminium alloys exhibiting the slip band decohesion mechanism. Scripta Metallurgica et Materialia, 26 (9), 1992, 1383-1388.
15. Sen R. i in.: Plane strain fracture toughness of scandium doped Al-6Mg alloy. Journal of Alloys Compounds 457, 2008, 135-143.
16. Somekawa H. i in.: Fracture toughness in Mg-Al-Zn alloy processed by equal-channel-angular extrusion. Scripta Materialia 54, 2006, 633-638.
17. Williams J.C., Starke E.A.: Progress in structural materials for aerospace systems. Acta Materialia 2003, 51(19), 5775-5799.
18. Zinkham R.E.: Anisotropy and thickness effect in fracture of 7075-T6 and – T651 aluminium alloy. Engineering Fracture Mechanics, 1968, 1, 275-289.

19. Alloy 7075 Plate and Sheet. All Around Consistent Performance. Alcoa Mill Product. http://www.alcoa.com/mill_products/catalog/pdf/alloy7075techsheet.pdf.

EFFECT OF ROLLING ANISOTROPY ON FRACTURE TOUGHNESS OF AW 7075-T651 ALLOY

Summary. The work presents results of researches of mechanical properties and fracture toughness along and across rolling direction for aluminium alloy AW 7075 T651. It is confirmed that in case of fracture on direction XY (perpendiculary to rolling direction) fracture toughness is 20% higher than in case of fracture on direction Y-X (situated along rolling direction). The results of SEM and TEM resarches of fracture surface are also presented. Based on fractography it is showed that fracture in X-Y direction that runs across grain boundaries has many leaps and is unstable what causes increasing of fracture toughness of material. Mechanism of microvoids coalescence close to particles of the second phases was also observed.

Key words: aluminium alloy, fracture toughness, anisotropy, fracture mechanics

Kazimierz Drozd*, Leszek Gardyński*, Krzysztof Olejnik**

ZDARZENIA NIEPOŻĄDANE W TRANSPORCIE SAMOCHODOWYM W ASPEKCIE OGRANICZEŃ SKRAJNI PIONOWEJ

Streszczenie. W artykule omówiono problematykę uszkodzeń eksploatacyjnych wysokich pojazdów w transporcie samochodowym. Wynikają one z niedostatków infrastruktury, która w zbyt małym stopniu wspomaga kierujących wysokimi pojazdami. Występujące w niektórych miejscach ograniczenia skrajni drogi (szczególnie od góry) nie są wcześniej poprzedzone odpowiednimi sprawdzianami. Prawidłowo zbudowane i odpowiednio wcześnie ustawione, powinny ostrzegać kierujących o możliwości uszkodzenia pojazdu lub budowli nad drogą. W pracy omówiono potrzebę poprawienia i zmiany przepisów. Obecnie obowiązujące wprowadzają zamęt interpretacyjny przy informowaniu o ograniczonej skrajni. Możliwość zmiany wysokości przeszkody w czasie, dodatkowo sprzyja powstawaniu kolizji i tym samym strat materialnych. W pracy poddano analizie przypadek kolizji samochodu ciężarowego z automatyczną bramą zwijaną. Przeprowadzono weryfikację niewykluczających się hipotez na ile przyczyną kolizji mogła być potencjalna awaria automatyki bramy, na ile zaś specyficzny kształt pojazdu oraz ewentualne nieprawidłowe zachowanie kierowcy. Rozwiązania zaproponowane w pracy przyczynią się do zmniejszenia zagrożeń kolizjami wysokich pojazdów z obiektami na drogach.

Słowa kluczowe: uszkodzenia, transport, pojazdy, bezpieczeństwo

Wprowadzenie

Przepisy prawne i wymagania w nich zawarte, które mają zastosowanie w procesie tworzenia konstrukcji technicznej i jej eksploatacji, powinny być weryfikowane w zakresie eliminacji błędnego ich rozumienia i omyłkowej interpretacji. W odniesieniu do środków transportu i infrastruktury drogowej, kształtowanie ryzyka uszkodzenia technicznego w eksploatacji powinno odbywać się na etapie koncepcji i projektowania wytworu. Już wtedy należy prowadzić identyfikację zagrożeń zdarzeniami niepożądanymi, które mogą spowodować uszkodzenia fizyczne podczas eksploatacji tej infrastruktury (rys. 1).

Możliwość uzyskania informacji w formie jasnej, zrozumiałej, pozwalającej reagować w czasie rzeczywistym i wpływać na przebieg zjawiska, jest kluczowym elementem zmniejszającym ryzyko kolizji. W wielu przypadkach nad drogami dla samochodów umieszczane są budowle ograniczające skrajnie drogi od góry.

Minimalny wymiar wysokości skrajni pionowej, w naszym kraju, wynosi 4,5 m. Jest on większy niż maksymalna dopuszczalna wysokość pojazdu normatywnego określona na 4 m [9].

* Katedra Inżynierii Materiałowej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska, k.drozd@pollub.pl, l.gardynski@pollub.pl

** Instytut Transportu Samochodowego w Warszawie, krzysztof.olejnik@its.waw.pl

Warto zauważyć, że taki limit wysokości pojazdu występuje powszechnie w krajach Europy kontynentalnej [2]. W Wielkiej Brytanii natomiast w ogóle nie ma takiego ograniczenia [6].

a) b) c)

Rys. 1. Przykłady uszkodzeń w wyniku ruchu pojazdu o wysokości większej niż skrajnia. Wysokość i położenie przeszkody może zmieniać się w czasie a); kolizja z przeszkodą usytuowaną ukośnie do kierunku ruchu pojazdów stwarza dodatkowe zagrożenie dla innych uczestników ruchu b); przeszkoda ażurowa w postaci kratownicy c)

Często budowle umieszczane są na wysokości mniejszej niż 4,5 m (rys. 2). W takim przypadku konieczne jest odpowiednie oznakowanie informujące o zmniejszonej, nienormatywnej skrajni [9]. Dotychczasowe wymagania przepisów w tym zakresie są dalekie od doskonałości. Zasady umieszczania oznakowania na obniżanych skrajniach oraz oznakowania poprzedzającego takie miejsce powinny ulec zmianie. Kierujący powinni być informowani znacznie wcześniej i skuteczniej przez co najmniej ponowienie oznakowania (tzn. dwukrotnie) o ograniczeniu skrajni. W tym miejscu powinny być umieszczone sprawdziany, które nie niszcząc pojazdu, informowałyby i ostrzegały kierującego o ograniczeniu wysokości i braku możliwości bezpiecznego poruszania się zbyt wysokiego pojazdu.

a) b) c)

Rys. 2. Kolizja pojazdu z zabudową znacznie wyższą niż wysokość kabiny kierowcy. Oznakowanie skrajni występuje wyłącznie w miejscu jej zabudowy a); kolizja stwarzająca dodatkowe zagrożenie dla pojazdu jadącego z tyłu b); oznakowanie skrajni niewystarczające i nieczytelne c)

Kolizje powstające w wyniku niedostosowywania się kierujących wysokimi pojazdami do ograniczonej skrajni, świadczą między innymi o niedostatecznym wyszkoleniu uczestników poruszających się pod wiaduktami oraz niewystarczającym systemie ostrzegania (rys. 3). Jest to tym bardziej istotne gdy wysokość pojazdu zależy od przewożonego ładunku (rys. 3b) lub pojazd porusza się pod budowlą – przeszkodą której wysokość nie może się zmieniać (rys. 1a). Typowym przykładem obecnie spotykanych skrajni są unoszone w górę bramy wjazdowe drzwi do hal produkcyjnych, magazynowych oraz drogi transportu wewnątrzzakładowego. Ich niepełne otwarcie może nadmiernie ograniczyć skrajnię pionową. Przypadki

wykonywania manewru przejazdu pod zbyt niskim wiaduktem lub inną, nie w pełni otwartą, przeszkodą potwierdzają istnienie problemu złego wyszkolenia a także niedoskonałych systemów ostrzegania i zabezpieczenia. Kolizja tego typu może być przyczyną uszkodzeń pojazdów niższych od wysokości skrajni (rys. 1b, 2b, 3b) [5].

a) b) c)

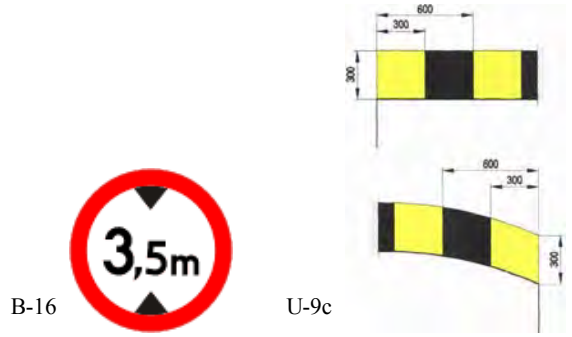
Rys. 3. Przykłady uszkodzeń obiektów i pojazdów w wyniku wjechania pojazdu wyższego niż wysokość skrajni. Belka wiaduktu z odsłoniętym zbrojeniem a); wysokość pojazdu zależy od przewożonego ładunku b); poziom oczu kierowcy znajduje się poniżej połowy wysokości pojazdu c)

Urządzenia i budowle usytuowane nad drogą dla pojazdów zwiększają niebezpieczeństwo kolizji szczególnie, jeżeli dodatkowo mają możliwość zmiany wysokości w czasie. Z tego powodu zdarzają się kolizje i wypadki. Sama kolizja jest przyczyną wymiernych strat materialnych i problemów organizacyjnych. Wydaje się konieczne prowadzenie kampanii uświadamiającej w środkach masowego przekazu oraz wprowadzenie ulepszeń w wyposażeniu dróg i przeprowadzenie zmiany przepisów obowiązujących w tym zakresie. Wnioski takie wypływają z dotychczasowych publikacji, np. [7, 8, 14]. Niezbędne jest także wprowadzenie takiego systemu informacji i zabezpieczeń które uniemożliwią kierującemu pojazdem wjechanie w obszar bramy nie w pełni otwartej [12]. W dalszej kolejności przedstawiono analizę przyczyn wystąpienia kolizji i możliwe powiązania przyczynowo-skutkowe dla zespołu skrajni obsługującego skrzyżowanie dróg komunikacji wewnątrzzakładowej.

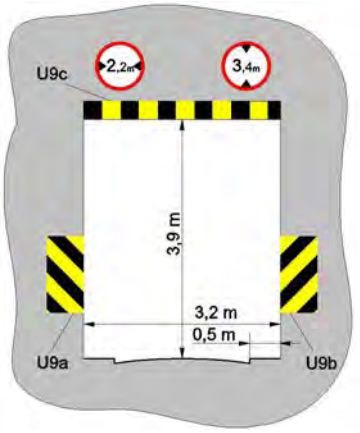
1. Stan obecny zagadnienia ograniczenia skrajni pionowej na drogach publicznych

Znak zakazu z określeniem wartości maksymalnej wysokości pojazdu (rys. 4) zabrania im wjazdu gdy pojazd nie spełnia tych wymagań. W przepisach dotyczących zasad stosowania znaków zapisano: znak B-16 „zakaz wjazdu pojazdów o wysokości ponad … m" (rys. 4) należy umieszczać przed takimi obiektami, jak np. tunele lub wiadukty, oraz przed miejscami, gdzie przebiega linia elektryczna sieci napowietrznej, jeżeli wysokość obiektu nad jezdnią jest mniejsza od 4,5 m. Na znaku podaje się liczbą o 0,5 m mniejszą od wysokości obiektu nad jezdnią. Z tego wynika, że największą wartością liczbową podaną na znaku może być 3,9 m. Wysokość obiektu mierzy się w obrębie drogi, w miejscu, w którym odległość sklepienia obiektu od jezdni jest najmniejsza [10, 11].

Znak B-16 należy powtórzyć, umieszczając go nad jezdnią, np. na obiekcie. Przykład oznakowania drogi z ograniczoną skrajnią zilustrowano na rys. 5. Na znaku umieszczonym przed obiektem podaje się największą z wartości określonych na znakach umieszczonych na obiekcie.

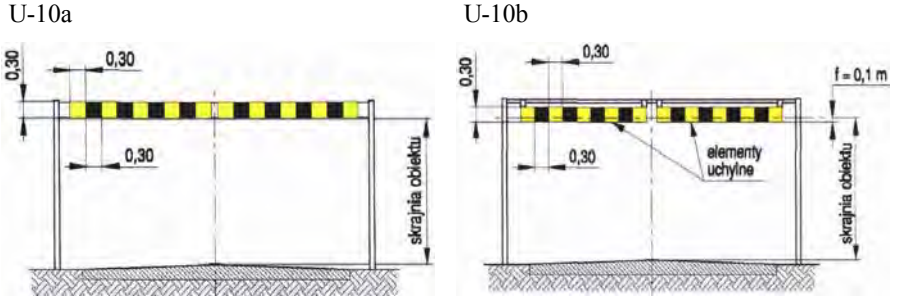


Rys. 4. Znak ograniczający gabaryt pionowy pojazdu B-16 oraz wzory tablic do ograniczania skrajni pionowej U-9c [9]

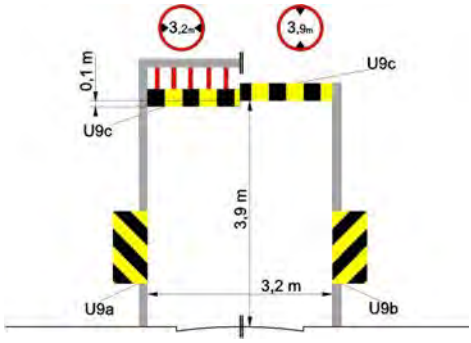


Rys. 5. Przykład wyglądu obiektu rzeczywistego na drodze ograniczającej skrajnie w poziomie i w pionie oraz umieszczenia znaków: U-9, B-15, B-16 [9]

Przed obiektami, pod którymi może być dopuszczony tylko ruch pojazdów o wysokości mniejszej od 4 m, można stosować urządzenia bramowe U-10 według zasad określonych na rys. 6 i 7.



Rys. 6. Wzory urządzeń bramowych U-10a, U-10b, ograniczające skrajnie [9]



Rys. 7. Przykład wyglądu urządzenia bramowego U-10 (z elementami uchylnymi i bez) na drodze ograniczającej skrajnie w poziomie i w pionie oraz umieszczenia znaków: U-9, B-15, B-16 [9]

Znak B-16 dotyczący skrajni pionowej w przykładzie podanym na rys. 7 oznacza rzeczywistą wartość 3,9 m. Taka jest w rzeczywistości wysokość sklepienia w budowli nad jezdnią, a także w urządzeniu bramowym bez elementów uchylnych. Wysokość urządzenia bramowego z elementami uchylnymi różni się (jest mniejsza o 0,1 m) i wynosi 3,8 m. Powyższe złożone zasady spowodowały zamęt informacyjny. Wśród przyczyn kolizji istotne miejsce zajmuje ta, że część kierujących dużymi pojazdami jest przekonana, że wymiar pionowy pokazywany na znaku jest zawsze pomniejszony o 0,5 m od rzeczywistej wysokości [7].

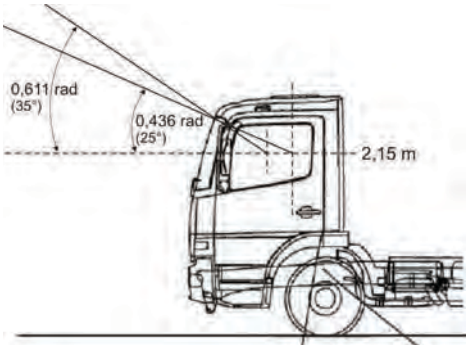
Obserwowany postęp techniczny i rozwój adaptacyjnych systemów śledzenia umożliwia instalowanie urządzeń mierzących i zatrzymujących pojazdy, których wysokość przekracza wysokość sklepienia obiektu nad drogą, ograniczającego skrajnią pionową. Chronione są wówczas pojazdy i ładunki na nich przewożone oraz same obiekty budowlane znajdujące się w skrajni drogi. [1, 3, 4, 13].

2. Analiza przyczyn wystąpienia kolizji i wzajemnych powiązań w przypadku przeszkody ruchomej, ograniczającej skrajnię pionową

Analizy prowadzono dla przypadku uszkodzenia bramy automatycznej zwijanej przez samochód ciężarowy Mercedes Atego (rys. 8). Zdarzenie takie miało miejsce w jednym z zakładów przemysłowych, w którym zastosowano zespół dwu ruchomych, automatycznych bram, umożliwiających przejazd pojazdów przez łącznik między dwiema halami produkcyjnymi. W czasie badań wielokrotnie dokonano przejazdu przez bramy pojazdem Nissan Patrol k-260. Przejazdy wykonywano przy prędkościach około 1,39, 2,78 i 4,17 m/s (5, 10 i 15 km/h), ustalanych przy użyciu odbiornika GPS. Stwierdzono że bezkolizyjny przejazd tym pojazdem jest możliwy przy prędkości 1,39 i 2,78 m/s (5 i 10 km/h). Przy prędkości 4,17 m/s (15 km/h) niezbędne było „przyhamowanie" przed bramą. Ponadto, ze względu na panujące na terenie zakładu ograniczenie, specyficzne ukształtowanie terenu przed zespołem bram oraz zasady „zdrowego rozsądku" próba przejazdu przez bramy Mercedesem Atego z większą prędkością wydaje się mało prawdopodobna.

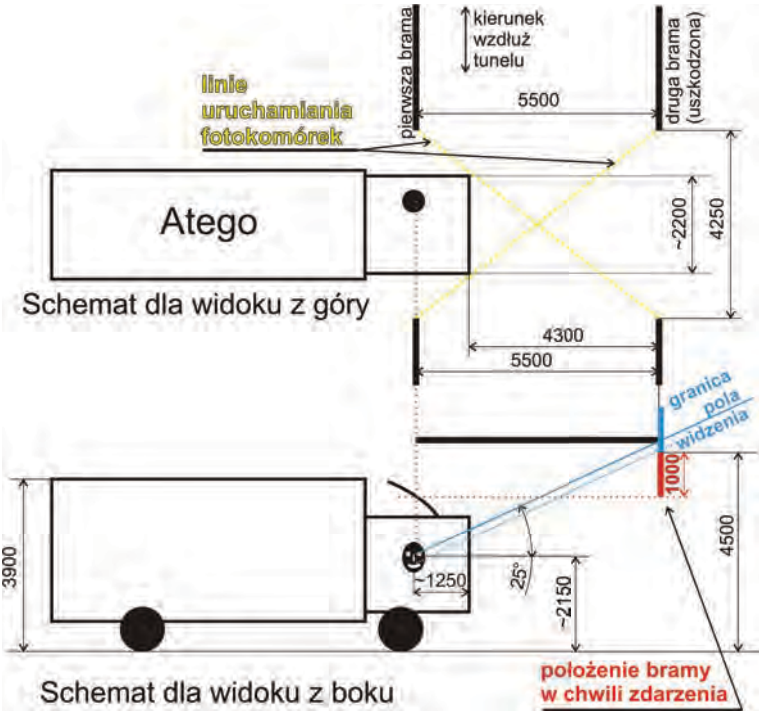
Rys. 8. Mercedes Atego 1233. Widoczna nisko położona górna krawędź przedniej szyby w stosunku do wysokości pojazdu

Pojazd użyty do badań weryfikacyjnych charakteryzuje się odmiennym kształtem przedniej części nadwozia od kabiny samochodu Mercedes Atego – wystająca część przednia nadwozia typu pontonowego, w odróżnieniu od wagonowej kabiny. Kształt taki powoduje wcześniejsze uruchomienie automatyki bramy w stosunku do położenia głowy kierowcy (kierowca w użytym do badań pojeździe siedzi dalej niż w pojeździe, który brał udział w zdarzeniu) oraz krawędzi dachu pojazdu. W użytym do badań pojeździe krawędź górna przedniej szyby znajduje się na wysokości ok. 1,8m (niżej niż w Mercedesie Atego). Charakterystyka widoczności z miejsca kierowcy Mercedesa Atego została przedstawiona na rys. 9.



Rys. 9. Widoczność z miejsca kierowcy pojazdu Mercedes Atego, w zależności od położenia głowy kierowcy [8]

W czasie badań stwierdzono, że widoczność całego otworu bramy wraz z górną jego krawędzią, możliwa jest gdy użyty do testów pojazd (przedni zderzak) znajduje się w odległości około 3 m od bramy. Zmierzono wielokrotnie czas podnoszenia i opadania bramy. Wynoszą one odpowiednio około 3 i około 5s. W sytuacji gdy w czasie opadania bramy zostanie wygenerowany sygnał (przez zespół fotokomórek) do podnoszenia, samo unoszenie bramy zaczyna się ze zwłoką około 1 s. Do uruchomienia bramy dochodzi wtedy, gdy znajdzie się przed nią np. samochód. Uruchomienie przez przechodzącego człowieka następuje tylko w przypadku, gdy jest to „osoba słusznej postury".



Rys. 10. Schemat sytuacyjny dla chwili przekraczania linii uruchamiania sygnału fotokomórek. Wszystkie wymiary w mm

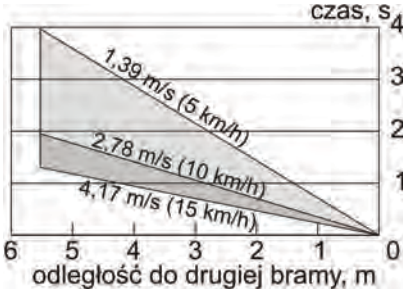
Miejsce kolizji jest w istocie skrzyżowaniem dwóch dróg komunikacyjnych pod kątem prostym (rys. 10). Jedna droga to ta, którą poruszał się pojazd Mercedes Atego. Druga droga jest tunelem pomiędzy sąsiednimi halami zakładu. Przez ten tunel prowadzi szlak komunikacji wewnątrzzakładowej którym poruszają się między innymi wózki widłowe. W dalszej analizie rozpatrzono dwie krytyczne sytuacje. Pierwsza polegająca na tym, że pojazd Mercedes Atego przecina linię zadziałania fotokomórek w chwili gdy w pełni uniesiona brama zaczyna opadać. Druga sytuacja zachodzi wtedy gdy pojazd przecina linię zadziałania fotokomórek gdy brama jest zupełnie zamknięta.

3. Brama w pełni uniesiona zaczyna opadać

Bramy, przez które przejeżdżał Mercedes Atego stanowią ściany, przedstawionego na rys. 10, poprzecznego tunelu. Na miejscu ustalono, że prawidłowe działanie bram polega na tym aby otwierały się głównie wtedy, gdy pojazd jedzie w kierunku takim jak Mercedes Atego przedstawiony na rys. 10. W zasadzie powinny one pozostawać zamknięte gdy występuje wyłącznie komunikacja wewnątrzzakładowa wzdłuż tunelu (wózki widłowe).

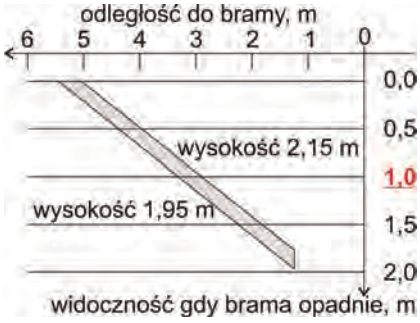
W rozpatrywanym przypadku założono, że powodem otwarcia drugiej bramy (rys. 10) był przejazd innego pojazdu w kierunku poprzecznym do kierunku ruchu samochodu Mer-

cedes. W tym czasie Mercedes Atego musiał pozostawać zatrzymany przed linią zadziałania sygnału fotokomórek pomiędzy bramami. Dla dalszych rozważań nie jest istotne w jakiej odległości od bramy drugiej (uszkodzonej) zatrzymał się pojazd. Według ustaleń, pojazd Mercedes Atego powinien poruszać się z prędkością mniejszą niż 4,17 m/s (15 km/h) ze względu na to, że nawierzchnia drogi jest nierówna i nachylona. Ograniczenie prędkości, znakiem B-33 zgodnie z rozporządzeniem [9], do 15 km/h (4,17 m/s) obowiązywało na terenie całej firmy. W zależności od prędkości, odległość około 5,5 m od chwili uruchomienia sygnału z fotokomórek (chodzi o wynikającą ze schematu na rys. 10 odległość spojlera – miejsca kontaktu z bramą), do chwili zdarzenia, powinien pokonać w czasie od 1,32 do 3,96 s (rys. 11).

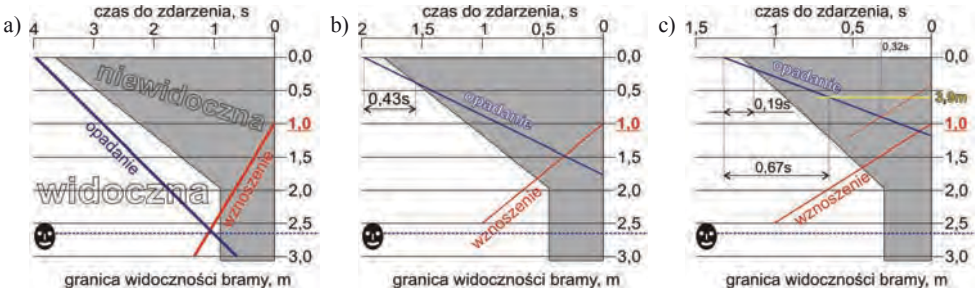


Rys. 11. Czas potrzebny na dotarcie do drugiej bramy od chwili uruchomienia sygnału fotokomórek w zależności od prędkości pojazdu i odległości

Niezależnie od miejsca zatrzymania kierowca powinien widzieć górną krawędź uniesionej bramy zanim ruszył z miejsca oraz zanim przeciął linie uruchamiania fotokomórek. Zakładając, że kierowca ma oczy na wysokości 2,15 m od poziomu drogi oraz kąt widzenia do góry o wartości 0,436 rad (25 stopni kątowych), krawędź maksymalnie uniesionej bramy powinna być widoczna przez kierowcę Mercedesa z odległości większej niż około 5 m. Gdyby brama opadła około 1 m (przybliżone położenie bramy w chwili zdarzenia) to fakt ten powinien być widoczny przez kierowcę z odległości nie mniejszej niż 3 m (rys. 12). Położenie bramy takie jak podczas zdarzenia nie byłoby widoczne przez kierowcę gdyby był on w odległości mniejszej niż 3 m od bramy.



Rys. 12. Odległość o jaką brama musiałaby opaść aby była widoczna z pojazdu Mercedes Atego, którego kierowca (miejsce zaczepienia o bramę) znajduje się w konkretnej odległości od bramy



Rys. 13. Chronologia zdarzeń przy ruchu Mercedesa Atego z różnymi prędkościami. Prędkość 1,39 m/s (5km/h) a); 2,78 m/s (10 km/h) b); 4,17 m/s (15 km/h) c). Kierowca widzi bramę gdy prosta prędkości „opadanie" bramy znajduje się na jasnym polu (gdy prosta „opadanie" znajduje się na szarym polu – kierowca bramy nie widzi). Prosta „wznoszenie" obrazuje charakterystykę unoszenia bramy bezpośrednio przed zdarzeniem. Sytuacje przedstawione dla prędkości 1,39 i 2,78 m/s (5 i 10 km/h) nie mogły mieć miejsca, ponieważ brama musiałaby opadać znacznie dłużej niż 1 s. Sytuacja przedstawiona dla prędkości 4,17 m/s (15 km/h) jest krytyczna lecz Mercedes Atego o wysokości 3,9 m powinien przejechać bezpiecznie pod bramą nie w pełni otwartą (przerywana prosta równoległa do „wznoszenie")

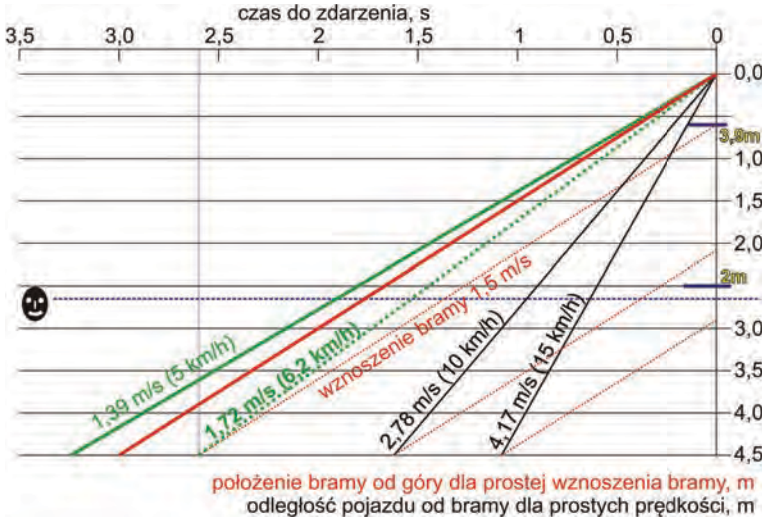
Jeżeli prędkość pojazdu wynosiłaby około 1,39 m/s (5 km/h) to prędkość opadania bramy (około 0,9 m/s) byłaby względnie na tyle duża, że z miejsca kierowcy powinno być możliwe dostrzeżenie tego opadania (rys. 13a). Jeżeli prędkość Mercedesa Atego byłaby większa od 1,39 m/s (5 km/h) to, pomimo opadania bramy, kierowca mógłby obserwować jej unoszenie względem górnej krawędzi pola widzenia (górnej krawędzi szyby przedniej pojazdu). Jednak aby zaistniałe zdarzenie było prawdopodobne to nawet przy prędkości 2,78 m/s (10 km/h) brama musiałaby opadać przez czas dłuższy niż 1,6 s co jest niezgodne z wynikami badań (rys. 13b). Zakładając, że pojazd Mercedes uruchamia sygnał fotokomórek w chwili gdy brama zaczyna opadać to przy prędkości 4,17 m/s (15 km/h), krawędź bramy byłaby widoczna przez czas około 0,19 s i bardzo trudna do zauważenia z poruszającego się pojazdu (rys. 13c).

Około 1 s zwłoka w działaniu układu elektronicznego i bezwładność mechaniczna spowoduje dalsze opadanie bramy i po czasie około 0,67 s brama osiągnie wysokość pojazdu 3,90 m od poziomu gruntu. Gdyby wznoszenie bramy rozpoczęło się dokładnie po 1 s (0,32 s do zdarzenia) od chwili przecięcia przez pojazd linii fotokomórek to brama powinna jeszcze zdążyć unieść się ponad wysokość pojazdu (przerywana prosta na rys. 13c).

4. Brama zupełnie zamknięta

W ostatnim analizowanym przypadku założono, że kierowca jedzie przez bramę ze stałą prędkością nie zatrzymując się, mimo tego, że jest ona zamknięta (rys. 14). W momencie gdy narożniki zderzaka przetną linie „fotokomórek", brama zaczyna się otwierać. Jeżeli brama jest zamknięta w czasie gdy pojazd podjeżdża do niej to kierowca nie może tego nie zauważyć. Brama, bez zauważalnej zwłoki, podnosi się na maksymalną wysokość w czasie

3 sekund, czyli z prędkością 1,5 m/s (czerwona prosta na wykresie). Przejazd przy zupełnym uniesieniu bramy jest możliwy jeżeli pojazd porusza się z prędkością nie większą niż około 1,39 m/s (5 km/h). Pojazd Mercedes Atego, uczestniczący w zdarzeniu, miał wysokość 3,9 m, dlatego możliwe jest jego bezpieczne przejechanie przez bramę nie w pełni uniesioną przy prędkości nie większej niż 1,72 m/s (6,2 km/h). Wykres potwierdza możliwość przejazdu pojazdem o wysokości 2m (pojazd użyty do testów), pod bramą nie w pełni otwartą, do prędkości około 2,78 m/s (10 km/h), co jest zgodne z wynikiem przeprowadzonego eksperymentu.



Rys. 14. Sytuacja gdy brama jest zamknięta w chwili podjeżdżania samochodu. Proste nieopisane obrazują prędkość podnoszenia się bramy. Proste opisane wartością prędkości obrazują prędkość zbliżania się pojazdu do bramy. Dla porównania mniejszą czcionką zaznaczono wysokości, mierzone od poziomu gruntu, pojazdu Mercedes Atego (3,9 m) i pojazdu użytego do badań (2 m). Schematu twarzy użyto do oznaczenia poziomu oczu kierowcy Mercedesa Atego

5. Podsumowanie i wnioski

Można i należy eliminować uszkodzenia w eksploatacji pojazdów i ładunków oraz obiektów nad drogą powodowane ograniczeniami skrajni przez budowle na drogach. Kierujący wysokim pojazdem powinien być zobowiązany do pomiaru rzeczywistej wysokości pojazdu z ładunkiem. W związku z wysokością pojazdu i przewożonego ładunku, spedytorzy powinni ich uczulać szczególnie na ograniczenie skrajni. Znaki o ograniczeniu skrajni powinny być dodatkowo powtórzone. Wskazane jest zainstalowanie na drogach urządzeń ostrzegających kierujących o przekroczeniu dopuszczalnej wysokości ze względu na skrajnię. Rozbieżność pomiędzy wysokością podawaną na urządzeniu bramowym a umieszczoną na obiekcie powinna zostać usunięta przez zmianę wymagań w przepisach. Należy dołożyć staranności w zakresie zgodności wysokości obiektów z obowiązującymi wymaganiami przepisów do-

tyczących zachowania skrajni w obrębie tych obiektów. W szczególności na stacjach paliw, parkingach, budowlach w rejonach załadunku i rozładunku oraz rozrastających się koron drzew nad drogami. Postęp techniczny oraz rozwój urządzeń pozwala skuteczniej wspomagać kierujących w unikaniu uszkodzeń w eksploatacji związanych z niedostosowaniem pojazdów do ograniczeń skrajni drogi przez obiekty budowlane. Należy rozważyć poprawienie i uzupełnienie wymagań zawartych w obecnie obowiązujących przepisach.

Coraz popularniejsze stosowanie bram automatycznych w postaci zwijanej rodzi ryzyko nowego rodzaju kolizji wynikających z ograniczeń skrajni pionowej, wiążących się ze zmienną jej wysokością. Przyczyną kolizji może być zarówno wadliwe działanie układu sterowniczo napędowego bramy jak i nieprawidłowe zachowanie kierowcy, a zwłaszcza za szybki przejazd przez bramę.

W rozpatrywanym przypadku, bezkolizyjne korzystanie z bramy tym pojazdem możliwe jest do prędkości 4,17 m/s (15 km/h). Z wykonanych analiz wynika że w sytuacji gdy kierowca „zignoruje istnienie" bramy i próbuje przejechać, mimo że jest opuszczona, maksymalna prędkość bezkolizyjnego przejazdu wynosi 1,72 m/s (6,2 km/h).

Niewielkie wartości uzyskanych prędkości „bezpiecznych" są dodatkowo wynikiem niekorzystnego dla takich zdarzeń kształtu pojazdu – nisko umieszczona górna krawędź szyby przedniej, przy wysokim – „pełnowymiarowym" nadwoziu.

Dodatkowym zabezpieczeniem, które powinno być stosowane w celu uniknięcia tego typu wypadków powinna być co najmniej czytelna sygnalizacja świetlna stanu pracy bramy, ułatwiająca kierowcy podejmowanie właściwych decyzji.

Literatura

1. Cho Y-S.: Pattern formed on inside wall of tunnel for driving safety. Korea Patent, KR20070091956. 2007.
2. Dyrektywa Rady 96/53/WE z dnia 25 lipca 1996 r. ustanawiająca dla niektórych pojazdów drogowych poruszających się na terytorium Wspólnoty maksymalne dopuszczalne wymiary w ruchu krajowym i międzynarodowym oraz maksymalne dopuszczalne obciążenia w ruchu międzynarodowym [online]. Eur-Lex Dostęp do aktów prawnych Unii Europejskiej [dostęp 2011-01-03]. Dostępny w Internecie: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:07:02:31996L0053:PL:PDF.
3. Franz Plasser Bahnbaumaschinen-Industriegesellschaft m.b.H.: Apparatus for measuring the profile of a railroad tunnel. United States Patent and Trademark Office. Granted Patent, US4179216. 1979.
4. Fujisawa K. (et. all.): Aid device for car driver. Japan Patent, JP8218329. 1996-08-27
5. Gardyński L.: Kolizja drogowa – najechanie na tył pojazdu poruszającego się z niewielką prędkością przez inny pojazd. Kinematyka zderzenia i wpływ na układ napędowy i napęd układu rozrządu. Materiały II Ogólnopolskich Warsztatów „Kryminalistyczne Aspekty Likwidacji Szkód Komunikacyjnych". PZU – Politechnika Lubelska – Laboratorium Kryminalistyczne Komendy Wojewódzkiej Policji, Kazimierz Dolny, 2003.
6. Lowe D.: Intermodal freight transport. Elsevier, Oxford 2005.

7. Olejnik K.: Analiza przyczyn typowych wybranych wypadków i kolizji w aspekcie ograniczeń widoczności z pojazdów samochodowych. Transport Samochodowy, (1) 2003.
8. Olejnik K.: Wybrane problemy bezpieczeństwa w zakresie widoczności w pojazdach miejskich. Eksploatacja i Niezawodność, (1) 2006.
9. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczenia na drogach [online]. Internetowy system aktów prawnych [dostęp 2011-01-03]. Dostępny w Internecie: http://isap.sejm.gov.pl/Download?id=WDU20032202181&type=2.
10. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie [online]. Internetowy system aktów prawnych [dostęp 2011-01-03]. Dostępny w Internecie: http://isap.sejm.gov.pl/Download?id=WDU19990430430&type=2.
11. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 26 lutego 1996 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi i ich usytuowanie [online]. Internetowy system aktów prawnych [dostęp 2011-01-03]. Dostępny w Internecie: http://isap.sejm.gov.pl/Download?id=WDU19960330144&type=2.
12. Vashitz G. (et all.): In-vehicle information systems to improve traffic safety in road tunnels. Transportation Research F, (11) 2008, s. 61-74.
13. Wencheng Ch. (et. all.): Performance of induction lamps and HPS lamps in road tunnel lighting. Tunneling and Underground Technology, (23) 2008, s. 139-144.
14. Yousif S., Al-Obaedi J.: Close following behavior: Testing visual angle car following models using various sets of data. Transportation Research F, (14) 2011, s. 96-110.

UNDESIRABLE INCIDENTS IN AUTOMOTIVE TRANSPORTATION AS THE ASPECT OF THE VERTICAL GAUGE LIMITATIONS

Summary. Issues of high vehicles' damages during operation are discussed in the article. They are caused by deficiencies of the infrastructure which is too little high-assisted for drivers of high vehicles. The gauge constraints (especially from the top) on the road occurring in some places are not already preceded by the appropriate tests. The tests, properly constructed and arranged in advance, should warn drivers against the possibility of damage to the vehicle or buildings over the road. The necessity to improvement and changing laws is also discussed in the paper. In the study, there were analyzed truck accident collisions with automatic roll-up gate. There was conducted verification of nonexclusive hypotheses as far as the cause of a collision could be a potential failure of gate, as far as the specific shape of the vehicle, and any incorrect behavior of the driver. The solutions proposed in the paper should help to reduce the risks of high vehicle collisions with objects on the road.

Key words: damage, transport, vehicles, safety

Piotr Ignaciuk[*], Leszek Gil[**], Henryk Komsta[*]

PORÓWNANIE OSIĄGÓW SILNIKA O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM ZASILANEGO OLEJEM NAPĘDOWYM I BIOPALIWAMI OPARTYMI NA ESTRACH OLEJU RZEPAKOWEGO I ESTRACH OLEJU LNIANKI

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań stanowiskowych parametrów silnika o zapłonie samoczynnym zasilanego klasycznym olejem napędowym oraz estrami metylowymi oleju rzepakowego i oleju lnianki siewnej. Dokonano porównawczej oceny przydatności badanych biopaliw do zastosowań eksploatacyjnych.

Słowa kluczowe: biopaliwo, lnianka siewna, silnik o zapłonie samoczynnym, estry metylowe olejów roślinnych

WSTĘP

Ograniczenia emisji dwutlenku węgla zawierającego węgiel kopalny wymuszają zwiększanie udziału biokomponentów w paliwach. W Unii Europejskiej biopaliwa lub biodododatki do paliw silnikowych mają w roku 2014 stanowić 7,55% całego rynku paliwowego. Podstawowym surowcem do produkcji biopaliw w Polsce i Europie jest rzepak. Najprostszym i wciąż podstawowym rodzajem biopaliwa stosowanym do zasilania silników diesla są estry metylowe kwasów tłuszczowych. Estry oraz czyste oleje roślinne łatwo rozpuszczają się w oleju napędowym, ta cecha jest wykorzystywana przy tworzeniu handlowych mieszanin tzw. biopaliw np. B5, B10. Cyfra w tym oznaczeniu informuje o procentowej zawartości estrów olejów roślinnych rozpuszczonych klasycznym oleju napędowym. Zastosowanie czystego oleju rzepakowego (lub innego) do zasilania silników ZS nie jest wskazane. Wysoka lepkość, niska temperatura krzepnięcia, zawartość wody i kwasów organicznych, to czynniki które nie sprzyjają bezpośredniemu stosowaniu czystych olejów roślinnych jako paliwa. Estryfikacja daje nam kilka korzyści. Po pierwsze następuje rozbicie ciężkiej struktury molekularnej tójglicerydów. Ich obecność jest powodem wzrostu temperatury krzepnięcia oraz wysokiej skłonności do rozkładu termicznego i polimeryzacji. Zmniejszeniu rozmiarów cząsteczek towarzyszy zmniejszenie lepkości – co w zasadniczy sposób ułatwia wtrysk paliwa i poprawia rozpylenie. Drugą korzyścią jest zobojętnienie odczynu – w procesie estryfikacji następuje przebudowa kwasów organicznych na obojętne estry. Zatem wyeliminowanie obecności trójglicerydów zimniejsza skłonność biopaliwa do tworzenia osadów w komorze spalania, obniża temperatury:

* Katedra Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Lubelskiej, p.ignaciuk@pollub.pl
** Wydział Transportu i Informatyki, Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie

mętnienia i krzepnięcia oraz polepsza lotność paliwa. Po estryfikacji nienasycone estry posiadają jeszcze pewną skłonność do polimeryzacji – jest ona jednak znacznie mniejsza niż dla czystego oleju rzepakowego. Zawarty w strukturach chemicznych bioestrów tlen wykazuje większą reaktywność chemiczną niż tlen pochodzący z powietrza – sprzyja to polepszeniu procesu spalania. Niekwestionowaną zaletą estrów oleju rzepakowego jest bardzo niska zawartość siarki przekładająca się na zmniejszenie emisji cząstek stałych. Podstawową wadą natomiast jest chłonność wody. Chłonność i obecność wody powoduje, że biopaliwo staje się pożywką dla bakterii i grzybów. Ta cecha ogranicza możliwości jego długotrwałego przechowywania. Rozrost bakterii i grzybów jest podstawową przyczyną osłabienia stabilności chemicznej biopaliwa opartego na estrach kwasów tłuszczowych. Obecność wiązań nienasyconych w estrach sprzyja też obniżeniu ich odporności na utlenianie, któremu towarzyszy zmiana zapachu, barwy i co najważniejsze lepkości i liczby kwasowej. W polskich warunkach klimatycznych stosowanie czystych estrów jako paliwa bez dodatku depresatorów – obniżających temperaturę krzepnięcia sprawia sporo problemów zwłaszcza w warunkach jesienno – zimowych [5]. Oprócz rzepaku istnieje możliwość wykorzystania też innych roślin oleistych. Jedną z takich roślin jest lnianka. Lnianka siewna była uprawiana w Polsce od wielu wieków. Lnianka czyli rydz w przeciwieństwie do rzepaku nie ma praktycznie żadnych wymagań glebowych może rosnąć na najgorszych górskich glebach, nie potrzebuje nawożenia, a spośród roślin oleistych ma najmniejsze wymagania wodne. Pomimo swoich zalet, roślina ta nie weszła nigdy do szerokiej uprawy głównie ze względów ekonomicznych (wydajność). Olej lnianki charakteryzuje się bardzo niską temperaturą krzepnięcia ok. –18 °C. Z tego względu doskonale nadaje się do produkcji biopaliw stosowanych w warunkach jesienno-zimowych [3, 4].

Tabela 1. Wybrane właściwości oleju napędowego (ON), oleju rzepakowego, czystych estrów metylowych oleju rzepakowego (EMKOR) oraz estrów metylowych oleju lnianki [3, 4, 5]

Parametr	Olej napędowy (ON)	Olej rzepakowy	Estry metylowe oleju rzepakowego (EMKOR)	Estry metylowe oleju lnianki
Gęstość w 20ºC [kg/m^3]	810 – 840	920	880	890
Lepkość kinematyczna w 20ºC [mm^2/s]	2,8 – 5,9	76	6,9 – 8,2	5,18
Liczba cetanowa	50	34	49 – 56	-
Temperatura zapłonu [ºC]	60	285	170	-
Temperatura mętnienia [ºC]	-16	ok. 15	-3	-
Temperatura krzepnięcia [ºC]	-20	ok. 10	-7	-15
Wartość opałowa [KJ/kg]	42800	37400	37000 – 39000	37000
Wartość opałowa [KJ/dm^3]	35950	34400	33200 – 34320	-
Temperatura początku destylacji [ºC]	176	-	302	-
Temperatura końca destylacji [ºC]	386	-	358	-

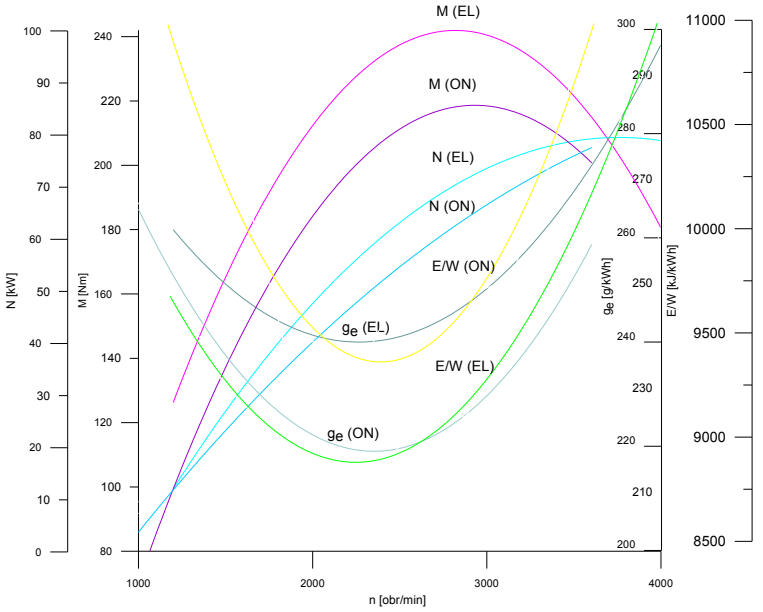
1. Zauważone problemy eksploatacyjne związane ze stosowaniem biopaliw

Stosowanie biopaliw opartych na czystych estrach olejów roślinnych jako podstawowego paliwa jest oczywiście możliwe, ale pod pewnymi warunkami. Oprócz wymienionego wcześniej ograniczenia czasu przechowywania wynikającego z podatności paliwa na biologiczną degradację należy tu wymienić ograniczenie zakresu temperatur stosowania takiego biopaliwa. Czyste handlowe biopaliwo B100 w praktyce nie sprawdza się w warunkach zimowych. Użytkownicy musza liczyć się ze zjawiskiem blokowania filtrów paliwa i trudnościami z rozruchem silników. Zmniejszenie zawartości estrów w paliwie pozwala na częściowe rozwiązanie problemu. Jak wynika z badań niewielka kilku – kilkunasto procentowa zawartość estrów oleju rzepakowego w paliwie (ON) nie wpływa znacząco na zamianę jego właściwości temperaturowych (temperatury krzepnięcia, mętnienia i zatykania zimnego filtra). Niestety nie są to wszystkie problemy zwiane ze stosowaniem opisywanych biopaliw. Estry wykazują bardzo niekorzystne oddziaływanie na strukturę wielu polimerów w tym: gumy, elementów z niektórych tworzyw sztucznych oraz powłok ochronnych. Elementy gumowe wykonane z mieszanek, w których rolę plastyfikatorów pełnią inne estry są po prostu rozpuszczane. W przypadku samochodów dotyczy to: ogumienia, pasków klinowych i zębatych, niektórych uszczelnień, a nawet przewodów paliwowych. Obserwuje się również rozpuszczanie i zmywanie powłok lakierniczych narażonych na dłuższe oddziaływanie estrów [5, 1]. Oczywiście wymienionym problemom można zaradzić stosując odpowiednie mieszanki gumowe, przewody paliwowe wykonane z poliuretanów czy farby epoksydowe chemoutwardzalne. Podstawowe problemy ograniczające powszechne stosowanie biopaliw opartych na estrach zwiane są jednak trwałością eksploatacyjną układów zasilnia silników i negatywnym oddziaływaniem estrów na olej silnikowy. Uszkodzenia układów zasilnia wynikają tu głownie z rozpuszczania osadów powstałych podczas wcześniejszej eksploatacji silnika na oleju napędowym. Powstały z rozpuszczania osadów szlam prowadzi do zatykania filtrów, a nawet uszkodzenia wtryskiwaczy. Stąd wielu producentów wprowadza ograniczenia dotyczące możliwości zasilnia ich silników estrami. Najczęściej polegają one na podaniu największej dopuszczalnej zawartości bioestru w paliwie silnikowym. Ograniczenie to często bywa powiązane z koniecznością stosowania odmiennej procedury obsługowej. Podlega ona często na dość radykalnym skróceniu okresu pomiędzy wymianami oleju, filtrów oleju i paliwa. Wymienione problemy nie zahamowały jednak rozwoju biopaliw, które mogą okazać się doskonałe w pewnych niszowych zastosowaniach np. w rolnictwie. Bardzo ważna jest tu ich dobra biodegradowalność i prosty sposób pozyskania traktowany jako produkcja odpadowa. Szersze zastosowanie mogą znaleźć dopiero biopaliwa następnych generacji.

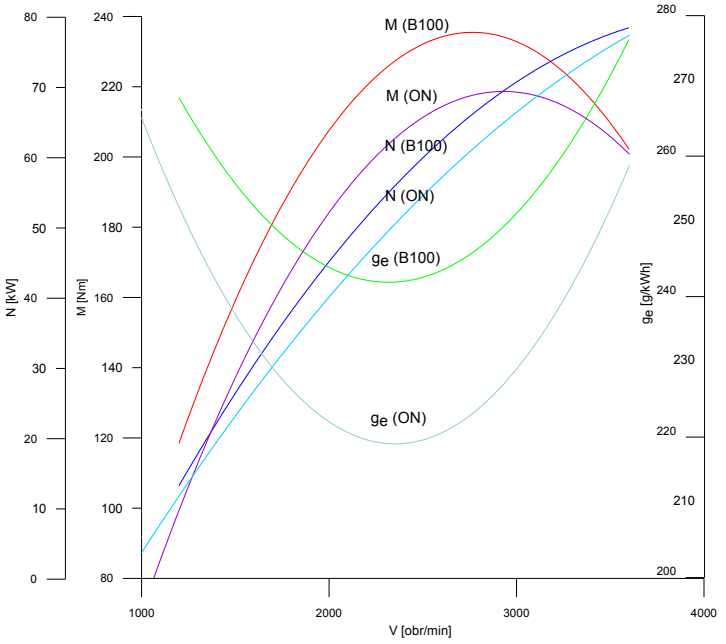
2. Właściwości eksploatacyjne badanych biopaliw w odniesieniu do klasycznego oleju napędowego

Badania właściwości eksploatacyjnych przeprowadzono w Instytucie Transportu Samochodowego w Warszawie. Prace badawcze polegały na sporządzeniu charakterystyk zewnętrznych silnika 4CT90 zasilanego: olejem napędowym oraz estrami metylowymi oleju

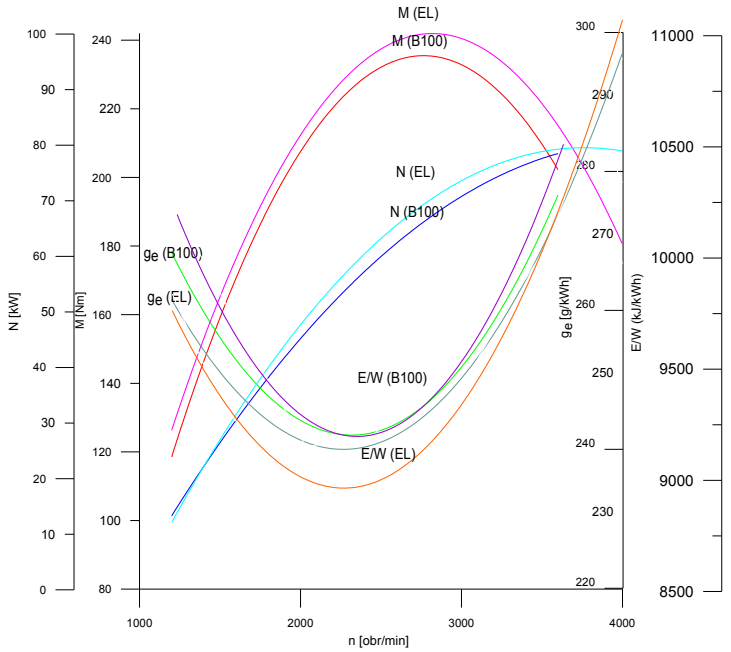
rzepakowego i estrami metylowymi oleju lnianki siewnej. Sporządzono wykresy charakterystyk silnika i dokonano ich porównania.



Rys. 1. Porównanie charakterystyk zewnętrznych silnika 4CT90 zasilanego EL i ON



Rys. 2. Porównanie charakterystyk zewnętrznych silnika 4CT90 zasilanego B 100 i ON



Rys. 3. Porównanie charakterystyk zewnętrznych silnika 4CT90 zasilanego EL i B 100

3. Analiza wyników i wnioski

Porównując charakterystyki zewnętrzne silnika 4CT90 zasilanego badanymi paliwami można zauważyć że:

- najwyższy moment obrotowy i moc silnika uzyskano przy zasilaniu silnika estrami lnianki,
- najniższy moment obrotowy i moc silnika uzyskano przy zasilaniu silnika olejem napędowym przy najniższym jednostkowy zużyciu paliwa,
- najwyższe jednostkowe zużycie paliwa było przy zasilaniu silnika estrami rzepakowymi.

Należy podkreślić, że zastosowane do badań paliwa: olej napędowy i estry oleju rzepakowego to paliwa produkowane na skalę przemysłową, które zawierają dodatki poprawiające parametry pracy silnika podczas ich spalania. Estry lnianki natomiast przygotowano na potrzeby badań we własnym zakresie. Olej lnianki poddano wyłącznie procesowi estryfikacji nie stosując żadnych dodatków modyfikujących właściwości tego paliwa.

Jednak jako można zauważyć na rysunku 1 i 2 większym momentom i mocy uzyskiwanej podczas zasilania silnika estrami B100 i EL towarzyszy większe jednostkowe zużycie paliwa niż przypadku zasilania olejem napędowym. Należy zaznaczyć, że w obu przypadkach silnik pracował z jednakowym położeniem listwy sterującej dawkowaniem paliwa. Zwiększone jednostkowe zużycie paliwa g_e może wynikać z większej gęstości porównywanych biopaliw i ich mniejszej w stosunku do ON wartości opałowej.

W celu dokładniejszego porównania testowanych biopaliw wykonano dodatkowe wykresy na których jednostkowe zużycie paliwa zastąpiono stosunkiem energii zawartej w paliwie do pracy wykonanej przez silnik (E/W). Jednostkowe zużycie paliwa świadczy o pracy wykonanej przez silnik na skutek spalenia jednostki masy paliwa, natomiast stosunek energii zawartej paliwie do pracy wykonanej przez silnik pokazuje nam „sprawność" energetyczną paliwa. W przypadku porównywania B100 i EL wartości E/W (patrz rysunek 2) mają przebieg analogiczny do g_e. W przypadku estrów oleju lnianki i oleju napędowego (patrz rysunek 3) układ ten ulega odwróceniu. Jeśli uwzględnimy fakt, że pompa wtryskowa przy tej samej prędkości obrotowej dawkuje jednakową objętość obydwu paliw, to należy stwierdzić, że na wzajemny układ wykresów jednostkowego zużycia paliwa wpływa różnica gęstości. Jednak jak wskazują wykresy wartości E/W procesy spalania estrów oleju lnianki i oleju napędowego przebiegają w sposób odmienny. W przypadku oleju lnianki więcej energii paliwa jest zamienione na pracę silnika to paliwo ma większą sprawność energetyczną).

Literatura

1. Gil L., Ignaciuk P., Niewczas A.: Metoda badania przebiegu zużycia sekcji tłoczących pomp wtryskowych silników ZS. Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2010.
2. Kowalski K., Sitnik L., Struś M.: Trwałość wybranych elementów aparatury paliwowej silnika zasilanych estrami metylowymi oleju rzepakowego. Journal of KONES. Warszawa – Nałęczów 2000.
3. Muśnicki Cz.: Lepszy rydz niż nic. Nasz rzepak 1(13) luty 2007.
4. Muśnicki Cz.: Lnicznik siewny, lnianka albo rydz to ta sama roślina. Top Agrar Polska 6/2007.
5. Tys J., Piekarski W., Jackowska I., Kaczor A., Zając G., Starobrat P.: Technologiczne i ekonomiczne uwarunkowania produkcji biopaliwa z rzepaku. Acta Agrophysica. Lublin 2003.

COMPARISON OF DIESEL ENGINE PERFORMANCE FUELED WITH DIESEL FUEL AND BIOFUELS BASED ON RAPE-SEED OIL ESTERS AND CAMELINE-SEED OIL ESTERS

Summary. The paper presents results of test stand measurements of diesel engine parameters fueled with classical diesel fuel and methyl esters of rape-seed and cameline-seed oils. An evaluation of usability of investigated fuels for the operational purposes was made.

Key words: biofuel, cameline-seed, diesel engine, methyl esters of plant oils

Jakub Lisiecki*, Paweł Rosa*, Szymon Lisiecki*

STANOWISKOWE BADANIE ZESPOŁU PRZENIESIENIA NAPĘDU NA PRZYKŁADZIE WIELOSTOPNIOWEJ PRZEKŁADNI ZĘBATEJ

Streszczenie. Celem artykułu było opisanie stanowiskowego badania trwałości wielostopniowej przekładni zębatej. W opracowaniu przedstawiono budowę wraz z opisem tego rodzaju stanowiska, omówiono program badania w oparciu o który przeprowadzany był test. Głównymi parametrami programu były prędkość obrotowa na poszczególnych biegach, odpowiadający jej przy tym moment obrotowy, wartość przełożenia, czas trwania stopnia. Tego rodzaju badanie niesie za sobą szereg zalet, między innymi możliwość ustalenia i oceny przyczyn wystąpienia uszkodzeń, bez potrzeby wykonywania długotrwałych i kosztownych badań drogowych lub poligonowych. Badanie to wykonane zostało w Przemysłowym Instytucie Motoryzacji (PIMOT).

Słowa kluczowe: badanie, przekładnia zębata, program badań, stanowisko badawcze, trwałość

Wstęp

W PIMOT prowadzone są różnego rodzaju badania elementów i podzespołów pojazdów, między innymi stanowiskowe badania przekładni samochodowych.

Zaletą badań stanowiskowych jest to, że pozwalają na ocenę trwałości elementów wchodzących w skład zespołu, oraz ustalenie przyczyn wystąpienia ewentualnych uszkodzeń [3], bez konieczności wykonywania długotrwałych i kosztownych badań drogowych lub poligonowych. Obejmują one między innymi:

- statyczne i dynamiczne badania charakterystyk i trwałości elementów, podzespołów i kompletnych pojazdów,
- badania zespołów przeniesienia napędu np. mostów napędowych i skrzyń biegów samochodów osobowych, ciężarowych, autobusów i maszyn roboczych.

Producenci zamierzający wprowadzić swój wyrób na rynek chcą mieć wiedzę dotycząca jakości tego wyrobu. Dlatego wykonuje się badania, których celem jest uzyskanie wyników pozwalających na ocenę wyrobu i technologii jego produkcji.

Podczas eksploatacji pojazdu lub maszyny dany zespół jest poddawany zmiennym obciążeniom. Na tej podstawie zostaje opracowany program badań stanowiskowych.

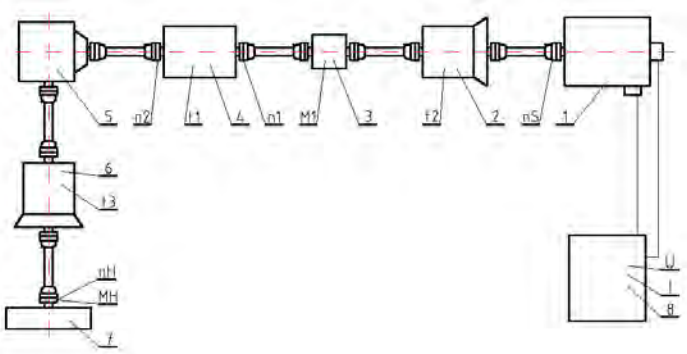
Stanowiska znajdujące się w Laboratorium Badań Symulacyjnych PIMOT mają budowę modułową, tzn. zestawia się je odpowiednio do potrzeb występujących w określonym badaniu danego obiektu [4].

* Przemysłowy Instytut Motoryzacji, Warszawa, j.lisiecki@pimot.org.pl, p.rosa@pimot.org.pl, s.lisiecki@pimot.org.pl

1. Opis stanowiska badawczego

Jak wspomniano we wstępie referatu, stanowiska badawcze są zestawiane zależnie od obiektu i celu badań. Na rys. 1 przedstawiono przykład stanowiska do badania trwałości wielostopniowej przekładni zębatej.

Maksymalne wartości, dla mierzonych wielkości fizycznych w trakcie badania przedstawione są w tabeli 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska do badania przekładni zębatej [2]
Opis schematu: 1 – elektryczny silnik napędowy prądu stałego; 2, 5, 6 – przekładnie stanowiska; 3 – momentomierz; 4 – badana przekładnia zębata; 7 – hamulec elektrowirowy; 8 – tyrystorowy zespół napędowy; n_S – prędkość obrotowa wału elektrycznego silnika napędowego; n_1 – prędkość obrotowa wału wejściowego badanej przekładni zębatej; n_2 – prędkość obrotowa wału wyjściowego badanej przekładni zębatej; n_H – prędkość obrotowa wału hamulca elektrowirowego; M_1 – moment obrotowy na wale wejściowym badanej przekładni zębatej; M_H – moment obrotowy na wale hamulca elektrowirowego; t_1– temperatura oleju w badanej skrzynce przekładniowej; t_2, t_3 – temperatura oleju w przekładniach stanowiska; U – napięcie; I – natężenie prądu

Tabela 1. Parametry stanowiska. Maksymalne wartości mierzonych wielkości fizycznych

Wielkość mierzona	Symbol/jednostka	Wartość maksymalna
Prędkość silnika napędowego	n_s [min^{-1}]	1800
Prędkość na wejściu badanej przekładni	n_1 [min^{-1}]	1800
Prędkość hamulca	n_H [min^{-1}]	1700
Moment na wejściu badanej przekładni	M_1 [Nm]	1860
Moment na wale hamulca	M_H [Nm]	500
Temperatura oleju w badanej skrzynce przekładniowej	t_1 [°C]	120
Temperatura oleju w przekładni 2 stanowiska	t_2 [°C]	120
Temperatura oleju w przekładni 6 stanowiska	t_3 [°C]	120
Napięcie	U [V]	440
Natężenie	I [A]	300
Czas trwania badania	T [h]	9999 59 min
Liczba cykli	L_C	9999999

Uwaga: w tabeli podano wartości maksymalne przyjęte do stosowania w laboratorium i nie oznacza to, że mogą wystąpić jednocześnie; niektóre podzespoły stanowiska mogą uzyskiwać wyższe parametry ale nie muszą być z różnych względów w pełni wykorzystywane.

Do napędu stanowiska zastosowano elektryczny silnik prądu stałego (rys. 2) zasilany z tyrystorowego zespołu napędowego.

Rys. 2. Elektryczny silnik napędowy stanowiska

Parametry silnika elektrycznego wchodzącego w skład stanowiska badawczego podane są w tabeli nr.2.

Tabela 2. Główne parametry silnika elektrycznego prądu stałego

Nazwa/typ silnika	Silnik elektryczny prądu stałego, Leroy&Somer LSK 1604
Prędkość max silnika elektrycznego [n_{max}]	2080 min^{-1}
Moment max silnika elektrycznego [M_{max}]	563 Nm
Moc silnika elektrycznego [P]	123 kW

Rys. 3. Przykład zabudowy wału napędowego na stanowisku

Przenoszenie napędu między elementami składowymi (modułami) stanowiska a badanym obiektem jest realizowane za pomocą wałów napędowych, które dla bezpieczeństwa są wyposażone w osłony (rys. 3). W celu zapewnienia wymaganych parametrów pracy badanego obiektu i właściwe wykorzystanie charakterystyk silnika napędowego i hamulca zastosowano dwie przekładnie pośrednie typu S4-95 pokazane na rys. 4 i 5.

Rys. 4. Przekładnia 2 stanowiska

Rys. 5. Przekładnia 6 stanowiska

Wartości przełożeń dla przekładni S4-95 są następujące:

- przełożenie biegu pierwszego: $i_1 = 4{,}13$,
- przełożenie biegu drugiego: $i_2 = 2{,}36$,
- przełożenie biegu trzeciego: $i_3 = 1{,}5$,
- przełożenie biegu czwartego: $i_4 = 1{,}0$.

Rys. 6. Chłodnica oleju badanej

Rys. 7. Momentomierz przekładni PiMR Mi100

Rys. 8. Reduktor kątowy

Rys 9. Wentylator

Wentylatory (rys. 9) umieszczone na płycie badawczej stanowią dodatkowe zewnętrzne źródło chłodzenia dla poszczególnych elementów stanowiska. Reduktor kątowy (rys. 8), służy do wprowadzenia dodatkowej wartości przełożenia w całym łańcuchu współpracy. Zrezygnowano tutaj z użycia reduktora liniowego, ponieważ gabarytowo stanowisko wprowadzałoby tu pewne ograniczenia. Przetwornik momentu (rys. 7), tworzący razem z miernikiem tor pomiarowy, służy do pomiaru wartości momentu znajdującego się na wałku wejściowym badanej przekładni. Chłodnica oleju (rys. 6), dołączona dodatkowo na stanowisku ma za zadanie utrzymywanie temperatury wewnątrz skrzyni na założonym przez producenta poziomie.

2. Opis badania

Badana przekładnia była poddana na stanowisku badawczym działaniu parametrów według określonego stopniowanego programu badań opracowanego przez konstruktorów obiektu. Parametry badawcze obejmowały: bieg (przełożenie) przekładni, moment obrotowy i prędkość obrotową na wale wejściowym, czas pracy na danym stopniu, temperaturę oleju. Podstawową jednostką programu był blok, składający się z określonej liczby stopni. Realizacja pełnego programu polegała na powtórzeniu wymaganej liczby bloków.

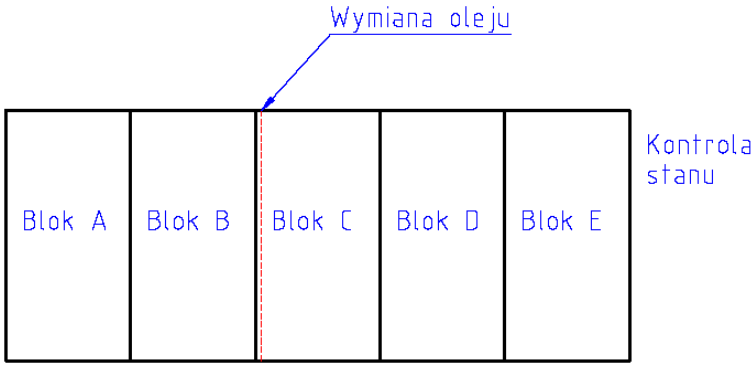
Tak przygotowany program zawiera kolejność wykonywania poszczególnych elementów próby trwałościowej dla badanej przekładni. Są to: prędkość obrotowa na poszczególnych biegach, odpowiadający jej moment obrotowy, wartość przełożenia, czas trwania stopnia (tabela nr. 3).

Tabela 3. Fragment stosowanego w laboratorium programu badania trwałości przekładni zębatej (blok programu) [1]

Blok	Stopień	Moment [Nm]	Prędkość obrotowa [obr/min]	Czas badania [godziny]	Bieg	Kierunek pracy
A	1	511	644	4	1	Do przodu
	2	347	1297	27	1	Do przodu
	3	401	1074	1	1	Do tyłu
	4	297	1532	7,5	1	Do tyłu
	5	568	429	14	2	Do przodu
	6	401	1074	12	2	Do przodu
	7	401	1074	19	2	Do przodu
	8	511	644	11	2	Do tyłu

Oprócz tego w programie przewidziano czynności obsługowe, takie jak: wymiana oleju po zakładanym przebiegu oraz kontrola stanu elementów (rys. 10).

Po wykonaniu całego cyklu badania i uzyskaniu wyniku pozytywnego można przystąpić do realizacji dodatkowego testu aż do zniszczenia któregoś z elementów przekładni. Test ten realizowany jest w uzgodnieniu z konstruktorem obiektu badań.

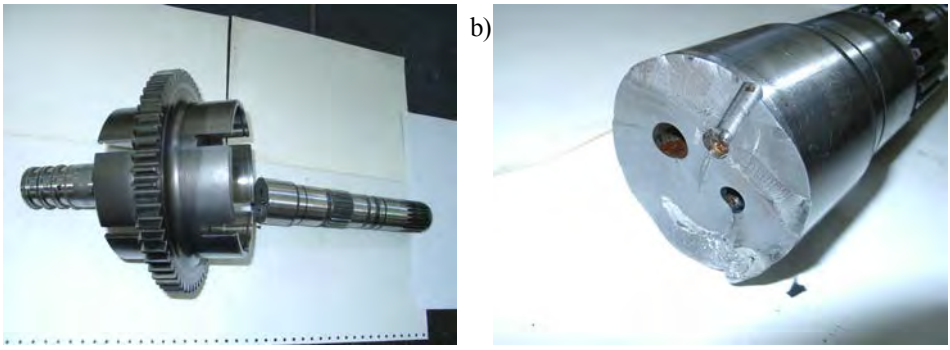


Rys. 10. Przykładowy schemat czynności obsługowych w trakcie badania

3. Wyniki badania

Obiekt badania prezentowany w referacie nie przeszedł bez uszkodzeń całego programu badania opisanego w punkcie 3 lecz uległ uszkodzeniu w trakcie realizacji programu po 297 godzinach pracy na stanowisku. Na rys.11 pokazano zniszczony wałek główny badanej wielostopniowej przekładni zębatej. Pęknięcie wałka nastąpiło w strefie karbu (otworu smarującego). Wynik badania został wykorzystany do analizy konstrukcji wałka i wprowadzenia odpowiednich zmian. Dalszy ciąg badania prowadzono już z nowym, zmienionym wałkiem, który nie uległ do końca badania żadnej awarii.

a) b)



Rys. 11. Wałek główny przekładni zniszczony podczas badania trwałości [5]

4. Podsumowanie

W oparciu o powyższe można stwierdzić, że istnieje potrzeba wykonywania stanowiskowych badań trwałości. Głównymi zaletami tego typu badań są:

– ocena wyrobu pod kątem jego przydatności i jakości przed przekazaniem do eksploatacji,

– stosunkowo krótki czas badania w porównaniu do badań drogowych lub poligonowych,
– możliwość dokonania „poprawy" wyrobu przed wprowadzeniem do stosowania.

Stanowiska badawcze zestawiane są ze sobą dla różnych celów w zależności od tego co będzie oczekiwanym efektem badania np. ocena trwałości czy innych cech obiektu.

Literatura

1. Lisiecki S., Lisiecki J.: Metody badań trwałościowych układu napędowego w maszynach roboczych. XXIV Konferencja Naukowa, Zakopane: 2011.
2. Opracowanie założeń technicznych i projektu automatycznych układów nadzoru pracy stanowisk badawczych (pomiarów, rejestracji oraz analizy danych): CDS 037-BLY: PIMOT,2010.DST 2010.
3. Orzełowski S.: Eksperymentalne badania samochodów i ich zespołów. Warszawa: WNT, 1995.
4. Osiecki J., Gromadowski T., Stępiński B.: Badania pojazdów samochodowych i ich zespołów na symulacyjnych stanowiskach badawczych. Warszawa: ITE PIB, 2006.
5. Temat zrealizowany w ramach badań PIMOT: BLZ-CA/1-2009 TLB2: PIMOT, 2009.

TESTING OF A TRANSMISSION UNIT ON A TEST BENCH

Summary. The aim of the paper was to describe the durability of multi-gear transmission. The paper presents the construction of the test bench, description of the test program, and it's main parameters. Article presents method and the result of a transmission test. The test was conducted in Automotive Industry Institute (PIMOT).

Key words: the test, transmission, test program, test bench, durability

Piotr Ignaciuk*, Leszek Gil*, Mariusz Walczak*

IDENTYFIKACJA MECHANIZMU POWSTAWANIA USZKODZEŃ APARATURY WTRYSKOWEJ SILNIKÓW O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM

Streszczenie. W pracy zaprezentowano rezultaty badań sekcji tłoczących pomp wtryskowych. Do badań zużycia i morfologii powierzchni sekcji tłoczących wykorzystano metodę mikroskopii skaningowej, analizę EDX i profilometr stykowy. Celem badań było określenie wpływu biopaliw i oleju napędowego na zużycie sekcji tłoczących. Przedstawiono wyniki badań zużycia sekcji tłoczących pompy wtryskowej firmy MOTORPAL wykorzystywanej w silniku 4CT90.

Słowa kluczowe: uszkodzenia powierzchni, zużycie, pompa wtryskowa, biopaliwo, sekcje tłoczące

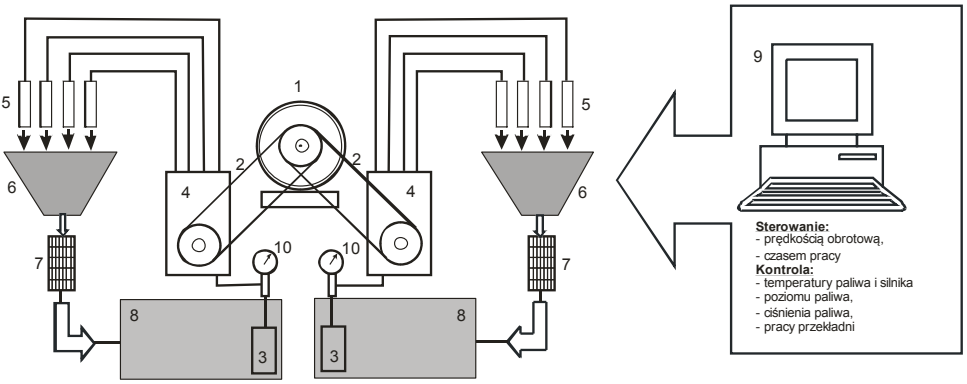
Wstęp

Silniki z zapłonem samoczynnym dominują w układach napędowych samochodów użytkowych. Jedną z widocznych tendencji w rozwoju ich konstrukcji jest dążenie do wydłużania przebiegów międzyobsługowych. Tendencja ta wymaga by trwałość eksploatacyjna podstawowych podzespołów funkcjonalnych silnika była jak najwyższa. Jednym z newralgicznych podzespołów silnika jest układ wtrysku paliwa. Rozpoznanie mechanizmu powstawania uszkodzeń jest zatem kluczowym zagadnieniem zarówno dla konstruktorów jak i użytkowników. Należy zaznaczyć, że bardzo dynamiczny rozwój układów wtryskowych, od klasycznych rzędowych pomp wtryskowych poprzez pompowtryskiwacze i najnowsze generacje Common Rail, nie zmienia podstawowych zasad pracy silnika. Mechanizm uzyskiwania wysokiego ciśnienia paliwa i jego rozpylania pozostaje taki sam mimo, iż same parametry wtrysku różnią się w sposób istotny. W artykule opisano mechanizm powstania uszkodzeń związanych ze zużyciem sekcji tłoczących rzędowych pomp wtryskowych. Nowoczesne układy wysokociśnieniowego wtrysku paliwa także posiadają elementy tłoczące i zaworki zwrotne. Mechanizm ich uszkodzenia w wyniku procesów zużycia będzie analogiczny jak w klasycznej pompie wtryskowej, ale wielkość dopuszczalnego zużycia i objawy uszkodzenia będą inne [1, 3, 5, 10].

1. Stanowisko i obiekt badań

Badania zużycia elementów tłoczących rzędowych pomp wtryskowych wykonano na specjalnie do tego celu zbudowanym stanowisku badawczym. Dwie równolegle pracujące

* Wydział Transportu i Informatyki, Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie, p.ignaciuk@pollub.pl



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego: 1 – silnik, 2 – przekładnia, 3 – pompa paliwowa, 4 – pompa wtryskowa, 5 – wtryskiwacze, 6 – zbiornik ociekowy, 7 – chłodnica paliwa, 8 – zbiornik paliwa, 9 – układ kontrolno – sterujący, 10 – układ kontroli ciśnienia paliwa

niezależnie pompy rzędowe MOTORPAL znajdujące się na stanowisku badawczym zasilane były dwoma różnymi rodzajami. Tłoczone przez nie paliwo było wtryskiwane wtryskiwaczami czopikowymi do zbiorników ociekowych, z których kierowano je do zbiorników zasilających. Badane pompy napędzano jednym silnikiem zapewniało to im jednakowe warunki i jednakową liczbę cykli pracy. Schemat stanowiska przedstawiono na rys. 1.

Układ kontrolno-pomiarowy weryfikował wartości ciśnień w obwodzie niskiego ciśnienia zabezpieczając tym samym sekcje przed pracą bez dostatecznej ilości paliwa będącego jednocześnie czynnikiem smarującym. Dodatkowo zamontowano manometry do pomiaru ciśnienia na króćcach dolotowych pomp wtryskowych. Umożliwiało to na kontrolę poprawności działania układu zasilającego pompy wtryskowe. Stanowisko wyposażone było w układ stabilizacji temperatury paliwa znajdującego się w obiegu chroniąc go przed przegrzaniem i podnosząc jednocześnie bezpieczeństwo przeciwpożarowe. Parametry takie jak prędkość obrotowa i czas pracy poddanych badaniom pomp wtryskowych były na bieżąco monitorowane i zapisywane w układzie rejestrującym. Układ umożliwiał też zadawanie dowolnych sekwencji cykli pracy badanych pomp. Po wykonaniu określonej liczby obrotów (cykli pracy) przeprowadzono pomiary kontrolne zużycia elementów pomp. W badaniach wykorzystano dwa rodzaje paliwa: olej napędowy i estry metylowe oleju lnianki siewnej.

Obiektem badań była czterosekcyjna rzędowa pompa wtryskowa MOTORPAL mająca zastosowanie w silniku 4TC90, której elementem wykonawczym są sekcje tłoczące (pary precyzyjne tłoczek i cylinderek). Materiałem badanych par precyzyjnych była stal łożyskowa ŁH15 o twardości 61-64 HRC. Badana pompa charakteryzowała się stałym skokiem tłoka (rys. 2).

2. Ocena zużycia sekcji tłoczących

Podczas pracy silnika spalinowego, elementy układu paliwowego podlegają kompleksowemu działaniu obciążeń mechanicznych, chemicznych i cieplnych, powodujących zmiany funkcjonalne poszczególnych elementów składowych tego układu. W przypadku pomp wtry-

Rys. 2. Pompa wtryskowa firmy MOTOPAL stosowana w silniku 4CT90

skowych szczególnie intensywnie zużywają się powierzchnie robocze cylinderka i tłoczka sekcji tłoczącej oraz powierzchnie stożka odcinającego zaworka tłoczącego pompy [1, 5]. Ścierne działanie zanieczyszczeń znajdujących się w paliwie i aktywnych związków chemicznych intensyfikują proces zużycia [9].

Ocena zużycia pary precyzyjnej tłoczek – cylinderek jest przedsięwzięciem trudnym, wymagającym dobrej znajomości budowy i działania aparatury paliwowej oraz dużego doświadczenia technologicznego w zakresie obróbki precyzyjnych części. Problemem badawczym jest wykonanie zbyt częstych pomiarów zwłaszcza tych, które wymagają demontażu, gdyż zakłócają współpracę dopasowanych par precyzyjnych i ograniczają możliwości dokładnej prognozy sekcji tłoczących. Pary precyzyjne wyróżniają się spośród innych podzespołów aparatury paliwowej bardzo dokładnym wykonaniem i małymi luzami między współpracującymi częściami. Ma to na celu zachowanie dostatecznej szczelności podzespołu przy wysokich ciśnieniach paliwa, jakie występują podczas pracy układu wtryskowego silnika [7].

W badaniach zużycia aparatury wtryskowej silnika przyjmowano, że największe zużycie sekcji tłoczących występuje w czasie pierwszych godzin pracy pompy wtryskowej [2, 6, 8].

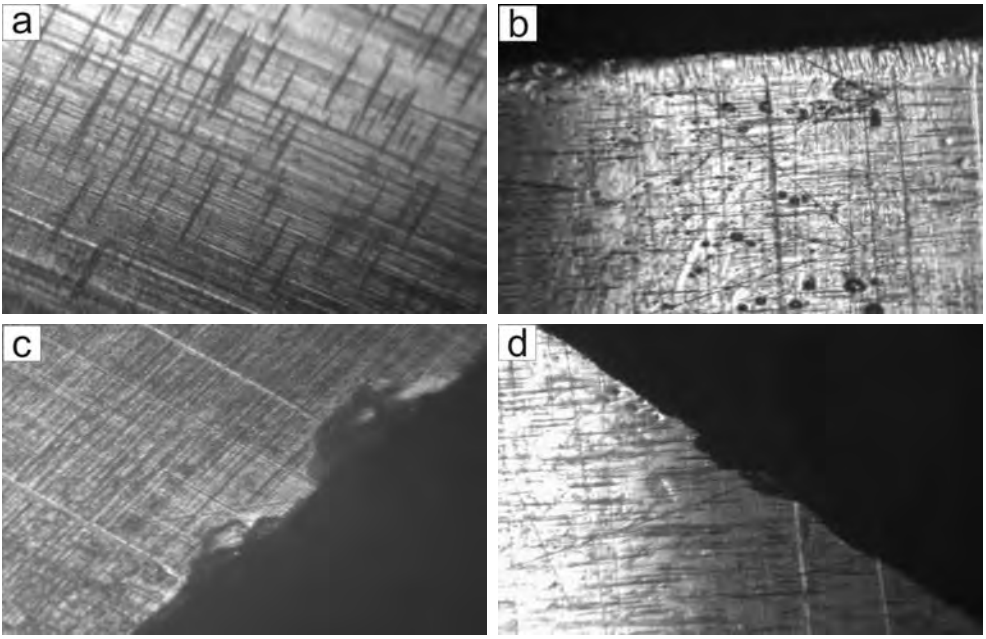
W odniesieniu do badanych sekcji wykonano następujące pomiary:

- pomiar średnicy zewnętrznej elementu tłoczącego na części prowadzącej przeprowadzonej metodą optyczną z dokładnością do 0,0002 mm,
- pomiary chropowatości elementu tłoczącego na części prowadzącej,
- pomiary błędów okrągłości na części prowadzącej i nad krawędzią sterującą elementu tłoczącego,
- charakterystyki szczelności,
- analizę zmian zużycia na powierzchni elementu tłoczącego.

Wynikiem badań zużycia elementów tłoczących sekcji pomp wtryskowych było stwierdzenie ujemnych przyrostów zużycia tłoczka sekcji oraz towarzyszącego mu spadku szczelności pary precyzyjnej tłoczek – cylinderek, a obszerniejsze wyniki przedstawiono w pozycji [4]. W celu weryfikacji miejsc powstawania uszkodzeń związanych z zużyciem badanych sekcji, przeprowadzono dodatkowe badania mikroskopowe powierzchni tłoczka. Ich głównym celem była identyfikacja miejsc powstawania uszkodzeń oraz mechanizmu ich powstawania.

3. Mikroskopowa analiza stanu powierzchni tłoczka

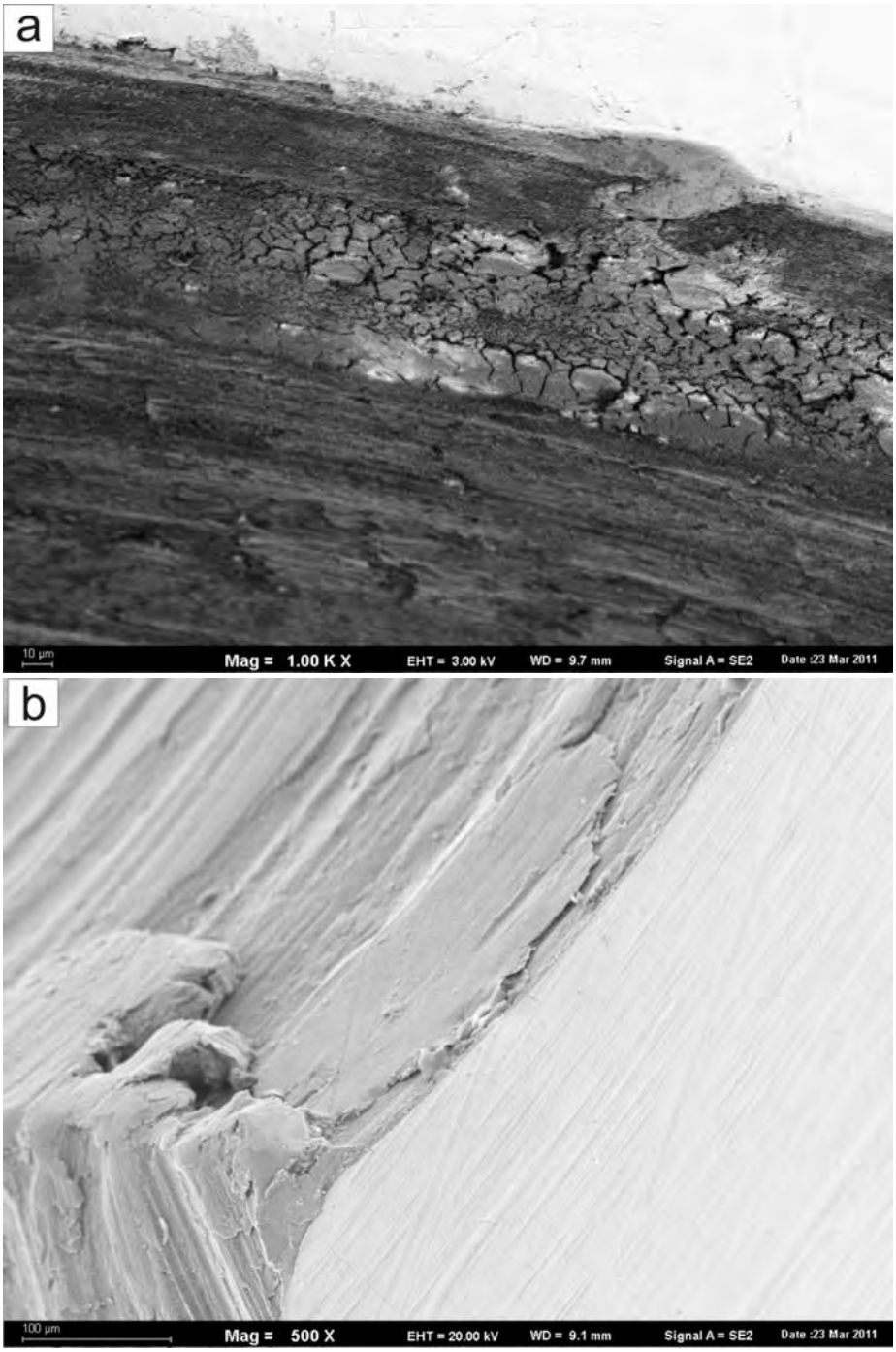
Przeprowadzone na mikroskopie metalograficznym obserwacje nowej i eksploatowanej powierzchni tłoczka sekcji przedstawiono na rys. 3. Stwierdzono, że procesy zużycia zachodzą głównie w części położonej nad rowkiem sterującym dawką paliwa. Na rys. 3a pokazano nowy nieuszkodzony fragment powierzchni tłoczka, gdzie wyraźnie dominują ślady po szlifowaniu elementu. Ponadto analiza mikroskopowa wykazała, że dominujące mechanizmy zużycia to odkształcenia plastyczne, bruzdowanie oraz mikroskrawanie powierzchni wywoływane twardymi zanieczyszczeniami zawartymi w paliwie (rys. 3b-c).



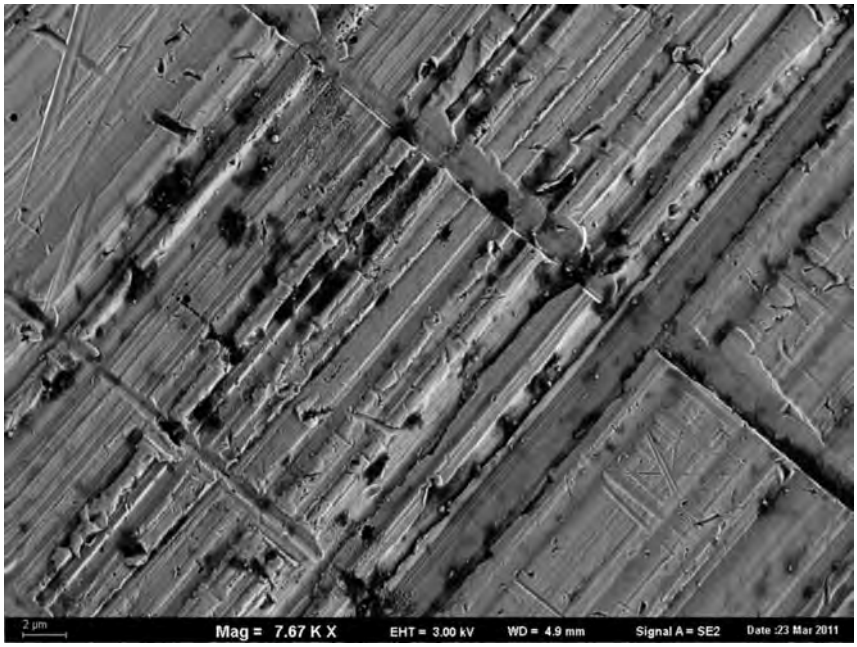
Rys. 3. Makrostruktura powierzchni tłoczka sekcji wtryskowej: (a) nowy element, (b,c,d) elementy po eksploatacji (powiększenie 125x)

Dodatkowo do analizy mikrostrukturalnej powierzchni eksploatowanych tłoczków sekcji wykorzystano mikroskop skaningowy firmy Zeiss z analizatorem EDX firmy Bruker (rys. 4 a i b). Widoczne są wyraźnie osady powstałe na niewspółpracującej z cylinderkiem powierzchni tłoczka. Osady mogą być potencjalnym źródłem zanieczyszczeń intensyfikujących zużycie sekcji. W przypadku elementów sekcji pracujących w środowisku biopaliw osady mają postać laków i tlenków.

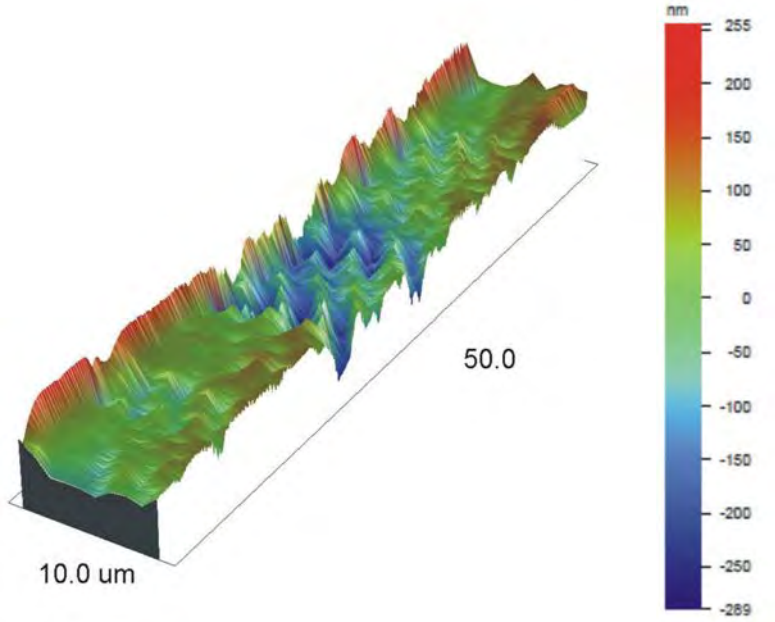
Widoczne na rys. 5 szerokie bruzdy wpływają na stan chropowatości powierzchni tłoczków sekcji wtryskowych.. Występowanie głębokich bruzd potwierdzają skany 3-D pomiarów chropowatości (rys. 6) wykonane profilometrem stykowym Dektak 150 (firmy Veeco). Ilość kierunek i wielkość bruzd może posiadać decydujący wpływ na pojawianie się „przecieków" paliwa i utratę szczelności sekcji.



Rys. 4. Osady utworzone na krawędzi sterującej elementu tłoczącego zasilanego olejem napędowym (a) i estrami metylowymi oleju lnianki (b) – obrazy SEM



Rys. 5. Zużyta powierzchnia tłoczka sekcji tłoczącej pompy wtryskowej po testach zużycia w oleju napędowym



Rys. 6. Powierzchnia 3D profilu chropowatości tłoczka pompy wtryskowej – ”bruzdy” na powierzchni tłoczka

4. Wnioski

Analizując wyniki badań geometrycznych i metalograficznych wnioskować można, że główną przyczyną uszkodzeń sekcji tłoczących są uszkodzenia spowodowane mikroskrawaniem i bębnowaniem powierzchni pary precyzyjnej. Polegają one na zużywaniu powierzchni pojedynczymi ziarnami zanieczyszczeń zakleszczonymi w luzach promieniowych par tłoczek-cylinderek. W miarę upływu czasu eksploatacji zwiększa się możliwość wnikania ziaren zanieczyszczeń w szczelinę pomiędzy elementami sekcji. Wynika to ze wzrostu luzu tłoczek – cylinderek.

Charakterystyka zmian zużycia na powierzchni elementu tłoczącego sekcji pompy wtryskowej zasilanej olejem napędowym, jak i estrami metylowymi oleju lnianki jest bardzo podobna. Dodatkowo w przypadku elementów pracujących w środowisku estrów metylowych lnianki na powierzchni krawędzi sterującej tłoczków pojawiają osady w postaci laków i tlenków. Pojawiające się laki z paliwa mogą ułatwiać transport zanieczyszczeń w obrębie luzu tłoczek cylinderek. Lak działa wtedy jak substancja, do której przykleja się zanieczyszczenie.

Literatura

1. Cieślikowski B.: Kształtowanie cech fizycznych i chemicznych biopaliw RME w aspekcie doboru odmian rzepaku i eksploatacji pojazdów rolniczych. Acta Agrophysica, 2010, 15, s. 33-43.
2. Czechlowski M., Krzysztofiak A., Adamski M., Antczak W.: Wpływ stosowania oleju rzepakowego jako paliwa na trwałość aparatury wtryskowej silników ZS. Inżynieria Rolnicza, 2006, 12, s. 85-92.
3. Gardyński L.: Założenia stanowiska do badań odporności materiałów elemenów aparatury paliwowej na zużycie w warunkach smarowania. Journal of KONES Internal Combustion Engines, 2004, 11, s. 165-170.
4. Gil L.: Badania zużycia tribologicznego elementów układu wtryskowego silnika o zapłonie samoczynnym zasilanego olejami roślinnymi. Rozprawa doktorska Politechnika Lubelska, Lublin 2011.
5. Gil L., Ignaciuk P., Niewczas A.: Metoda badania przebiegu zużycia sekcji tłoczących pomp wtryskowych silników ZS. Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2010.
6. Falkowski H., Janiszewski T., Łojek A.: Aparatura paliwowa silników wysokoprężnych, część I, Budowa i sprawdzanie. WKiŁ, Warszawa 1984.
7. Falkowski H., Janiszewski T., Łojek A., Michalski A.: Aparatura paliwowa silników wysokoprężnych, część II, naprawa, WKiŁ, Warszawa 1985.
8. Falkowski H., Krępeć T.: Obsługa i naprawa aparatury paliwowej silników wysokoprężnych. WKiŁ, Warszawa 1979.
9. Paluch R.: Wpływ ekologicznego oleju napędowego na niektóre parametry pracy silnika o zapłonie samoczynnym oraz zużycie elementów aparatury paliwowej. Rozprawa doktorska, Politechnika Lubelska, Lublin 2001.

10. Torres-Jimenez E., Dorado M.P, Kegl B.: Experimental investigation on injection characteristics of bioethanol-diesel fuel and bioethanol-biodiesel blends. Fuel, 2011, 90, pp.1968-1979.

IDENTIFICATION OF THE MECHANISM OF FAILURES FORMATION OF INJECTION SYSTEM COMPRESSION-IGNITION ENGINE

Summary. The results of a study of the pumping sections of injection pumps are presented. The wear and surface morphology of pumping sections were studied by using scanning electron microscopy with electron diffraction spectroscopy and profile measurement gauge. The aim of the study was to evaluate the influence of biofuel and diesel fuel on wear of pumping sections. Verification was done using injection pump MOTORPAL used in a 4CT90 Diesel engine.

Key words: surface failure, wear, injection pump, biofuel, pumping section, surface morphology

Kazimierz Kowalski*

NIEUSZKADZALNOŚĆ, GOTOWOŚĆ I OBSŁUGIWALNOŚĆ SYSTEMÓW UZBROJENIA

Streszczenie. W artykule podjęto próbę zdefiniowania pojęcia system uzbrojenia. Przedstawiono wymagania dotyczące nieuszkadzalności, gotowości i obsługiwalności systemów uzbrojenia w świetle standardów NATO. Zaprezentowano cykl życia systemów uzbrojenia definiowany w procesie ich nabywania. Zdefiniowano zasadnicze pojęcia związane z niezawodnością systemów uzbrojenia. Opisano i przedstawiono pętlę zarządzania niezawodnością, gotowością i obsługiwalnością w cyklu życia systemu uzbrojenia. Opisano osiąganie niezawodności, gotowości i obsługiwalności w kontekście szerokorozumianych potrzeb użytkowników systemów uzbrojenia. Podano również zasady doboru i charakterystykę wskaźników opisujących niezawodność, gotowość i obsługiwalność. W podsumowaniu zawarto opinię o konieczności potraktowania niezawodności, gotowości i obsługiwalności jako integralnej części inżynierii systemów uzbrojenia i stałym eliminowaniu uszkodzeń i rodzajów uszkodzeń poprzez ich identyfikację, klasyfikację, analizę lub łagodzenie ich skutków. Działania te powinny rozpoczynać się w fazie pozyskiwania pre-systemów i być kontynuowane poprzez następne fazy cyklu życia systemów uzbrojenia.

Słowa kluczowe: system uzbrojenia, niezawodność, cykl życia

Wstęp

Zapewnienie satysfakcjonującego poziomu nieuszkadzalności, gotowości i obsługiwalności (NGO) systemów uzbrojenia (SU), pomimo znaczącej poprawy ich osiągów (siły ognia, zdolności do przetrwania, zasięgu, prędkości, itp.) stanowi poważny problem w osiągnięciu sukcesu realizowanych misji (szczególnie misji bojowych). Wydaje się, że zwiększenie osiągów SU, związane w głównej mierze z postępem technicznym, znacząco wyprzedza podniesienie, o proporcjonalną wartość, NGO SU na poziom wymagany przez ich eksploatatorów. To właśnie problemy z NGO wpływają na ograniczenia eksploatacji systemów uzbrojenia, a szczególnie na ich użytkowanie. Ponadto wpływają na zwiększenie całkowitych kosztów posiadania SU, zmniejszenie bezpieczeństwa, oraz obniżają gotowość operacyjną, a także wpływają na zwiększenie niepewności co do pomyślnego zakończenia misji. Problemy z NGO wpływają także na wielkość zaangażowania niezbędnych zasobów logistycznego wsparcia SU.

Powyższa problematyka nie dotyczy tylko materialnej fazy istnienia systemów. Jest ona również wynikiem początkowego zdefiniowania wymagań, które te systemy powinny spełniać, a podstawę wymagań NGO powinny stanowić potrzeby wszystkich użytkowników tych systemów.

* Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych, Instytut dowodzenia, Zakład Logistyki, kazimierz.kowalski@wso.wroc.pl

Badania wybranych SU przeprowadzone w latach 1985-1990 i 1996-2000 wskazują, że procent spełnienia wymagań niezawodnościowych obniżył się z 41% do 20% [17] W następnych latach powyższy trend uległ dalszemu pogorszeniu. Z uzyskanych wyników wyciągnięto wnioski, że stosowane procedury niezawodnościowe w określeniu do dostawców SU nie mogą być kopiami najlepszych komercyjnych praktyk (badania przyspieszone, testy symulacyjne, procesy certyfikacji i kontroli). Stwierdzono, że regułą nie powinno być stosowanie jako podstawowego podejścia do tematyki niezawodnościowej – fizyki uszkodzeń (eksploatacyjnych) z projektowaniem wspomaganym komputerowo. Ustalono również, że analiza rodzajów, skutków i krytyczności uszkodzeń (FMECA*) i system raportowania uszkodzeń, analizy i przedsięwzięć korekcyjnych (FRACAS**) nie były zasadniczo efektywne w zastosowaniu do problemów wymagających podejścia korekcyjnego. Uznano, że FRACAS działa efektywnie tylko wtedy gdy program analizy uszkodzeń został w pełni implementowany. Ponadto stwierdzono, że przeprowadzano nieodpowiednie testy na poziomie systemu i elementów (rzadko ukończone przyspieszone badania eksploatacyjne, zbyt mała liczba próbek, ograniczony czas testowania). Stwierdzono również, że brak było stosownych programów prowadzących do osiągania celów niezawodnościowych [6].

Niski wskaźnik gotowości i związane z nim wysokie koszty utrzymania, przyczyniają się do wzrostu całkowitych kosztów posiadania SU. Za główne przyczyny tego stanu rzeczy uważa się skoncentrowanie, w stosunku do systemów uzbrojenia, na ich osiągach technicznych z jednoczesnym małym zainteresowaniem co do ich środowiska użytkowania, kosztów wsparcia i gotowości. Dodatkowo, do czynników negatywnych zaliczono ograniczoną współpracę pomiędzy jednostkami ustalającymi wymagania, producentami i utrzymującymi systemy w ruchu [4], a także nieodpowiednie systemy gromadzenia i analizy danych [11].

Zasadniczym celem artykułu jest przedstawienie problematyki związanej z osiąganiem wymaganego poziomu NGO w całym cyklu życia systemów uzbrojenia.

1. System uzbrojenia

Istnieje wiele definicji systemu [2]. Jedna z najszerszych pojęciowo i najkrótsza zarazem stanowi, że „System to byt*** przejawiający swoje istnienie przez synergiczne współdziałanie swych elementów" [3]. Matematyczne uzupełnienie powyższej definicji reprezentuje następujące równanie:

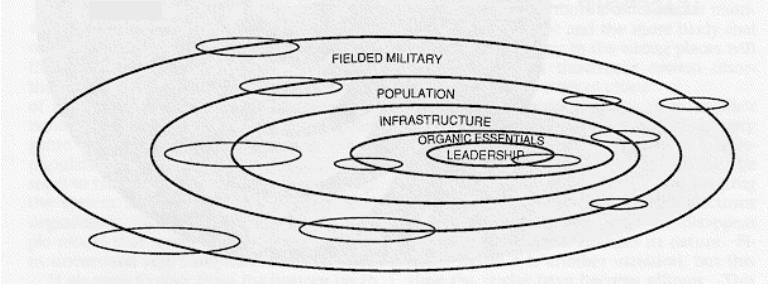
$$S = B(E, A, R), \qquad E = [E_1, ..., E_n], \quad a = [A_1, ..., A_m], \quad R = [R_1, ..., R_k] \tag{1}$$

gdzie: S – system,
E – zbiór elementów systemu,
A – zbiór atrybutów (właściwości),
R – zbiór relacji pomiędzy elementami i atrybutami.

* *FMECA – Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis.*
** *FRACAS – Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System.*
*** *Byt symbolizuje istniejącą całość, niekoniecznie całoprzestrzenną, występującą często w świecie idei, symboli*

Można powiedzieć, że system może zawierać n > 1 elementów – E, które opisuje m ≥ n atrybutów, biorących udział w r ≥ n – 1 relacjach (równość dla systemu szeregowego) [15]. Możliwe spektrum elementów systemu i sam system może być: fizyczny, energetyczny, symboliczny, komputerowy, żywy, świadomy, samoświadomy. Dodatkowo może występować w dowolnej konfiguracji typów i elementów.

W tym miejscu warto wspomnieć o pięciopierścieniowym modelu systemu złożonego (5P), który został przedstawiony w 1988 przez John A.Wardena, rys.1, [20]. Autor tego modelu utrzymuje, że każdy złożony system może być rozłożony na pięć koncentrycznych pierścieni. Każdy pierścień – Przywództwo, Procesy, Infrastruktura, Ludność i Działające Jednostki/ Komórki (np. polowe oddziały/pododdziały wojskowe) – może być użyty jako pojedynczy, kluczowy element dowolnego systemu, który będzie wymagał zmiany. Model ten został efektywnie wykorzystany po raz pierwszy przez planistów Sił Powietrznych US w pierwszej wojnie w Zatoce i następnie został zaadoptowany do planowania strategicznego w handlu.



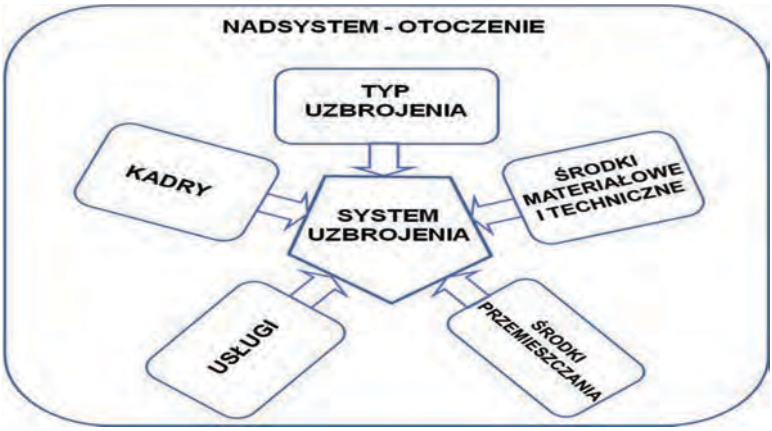
Rys. 1. Pięciopierścienny model systemu złożonego [20]

SU są podsystemami systemu bojowego (SB) i stosownie do ich definicji są lokowane w zewnętrznym pierścieniu systemu 5P (jako elementy końcowe) lub przebiegają przez wszystkie pięć pierścieni systemu 5P (w szeroko pojętym znaczeniu).

SU są osadzone w SB, które zazwyczaj zawiera podsystem walki, wsparcia i utrzymania. Można również wyróżnić narodowy i wielonarodowy SB, a także SB obronny lub ataku. Możliwym jest również wyróżnienie SB załogowych i bezzałogowych. W siłach zbrojnych wyróżniamy trzy zasadnicze SB: lądowy (Army), morski (Navy) i powietrzny (Air Force). Ponadto w tzw. działaniach połączonych występują SB połączone (Joint). Wyróżnia się również SB kosmiczne.

Każdy rodzaj sił zbrojnych prowadzi działania wykorzystując charakterystyczne dla niego typy uzbrojenia – uzbrojenie i sprzęt wojskowy (UiSW)*. Przykładowo, charakterystycznym UiSW Wojsk Lądowych są: czołgi, bojowe wozy piechoty, haubice, wozy zabezpieczenia technicznego, pojazdy medyczne , roboty, lądowe pojazdy bezzałogowe i wiele innych.

* *UiSW – uzbrojenie i sprzęt wojskowy – techniczne środki walki, sprzęt techniczny oraz wyposażenie, w tym wszelkie jego części, komponenty lub podzespoły, środki bojowe, techniczne środki materiałowe, oprogramowanie i usługi, które ze względu na swoje wymagania lub właściwości techniczno-konstrukcyjne oraz sposób zaprojektowania lub wykonania są przeznaczone do celów wojskowych. Uzbrojenie i sprzęt wojskowy obejmuje również wyroby i technologie oraz sprzęt powszechnego użytku, które choć pierwotnie przeznaczone były do użytku cywilnego, zostały później zaadaptowane do celów wojskowych [7].*



Rys. 2. Holistyczny model sytemu uzbrojenia, na podstawie [1]

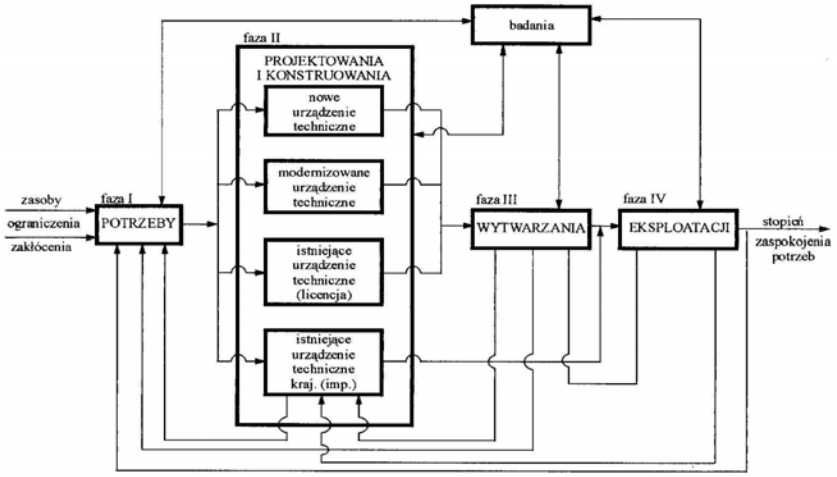
Wydaje się, że najstosowniejszą definicję SU stanowi następujące wyrażenie: system uzbrojenia tworzy powiązanie jednego lub więcej typów uzbrojenia ze wszystkim przynależnym wyposażeniem, środkami materiałowymi i technicznymi, usługami, kadrami i środkami przemieszczania (jeżeli są obowiązujące) wymaganymi dla ich samowystarczalności w działaniu, rys. 2 [20]. Powyższa definicja wyraża holistyczne podejście do gotowości SU.

2. Cykl życia systemów uzbrojenia

Zapewnienie wymaganego poziomu NGO SU dotyczy zaangażowania stosownych sił i środków we wszystkich fazach istnienia SU. Do powyższego zagadnienia odnosi się ustawa, z dn. 17.11.2006 r., o systemie oceny zgodności wyrobów przeznaczonych na potrzeby obronności i bezpieczeństwa państwa oraz odpowiednie do niej akty wykonawcze. Ponadto stosowne decyzje MON, w tym, decyzja nr 106 Sekretarza Stanu 1 Zastępcy MON, z dn. 06.09.2005 r., w sprawie wprowadzenia do stosowania w resorcie obrony narodowej procedur zapewnienia jakości, a także porozumienia techniczne dotyczące rządowego zapewnienia jakości (Government Quality Assurance – GQA) w Izraelu, Finlandii i USA.

Natomiast, do głównych dokumentów NATO regulujących wymagania jakościowe SU możemy zaliczyć: wymagania NATO dotyczące zapewnienia jakości w projektowaniu, pracach rozwojowych i produkcji – AQAP 2110 (wydanie 1, 06.2003), dokument standaryzacyjny – STANAG 4174 oraz sojusznicze publikacje z zakresu nieuszkadzalności i obsługiwalności (Allied Relaibility and Maintainability Publication – ARMP).

Należy zauważyć, że w AQAP 2110:2003 stwierdza się, że „jeśli będzie takie wymaganie w umowie, to system niezawodności dostawców, odpowiednio do projektu wyrobu, powinien zapewnić nadzór nad działaniami dotyczącymi niezawodności wyrobów i odnośnymi dokumentami (włącznie z dokumentami poddostawców)". Z powyższego wynika, że dostawcy (poddostawcy) powinni posiadać system zarządzania niezawodnością w zakresie nieuszkadzalności, gotowości i obsługiwalności (NGO).



Rys. 3. Fazy istnienia obiektów technicznych [12]

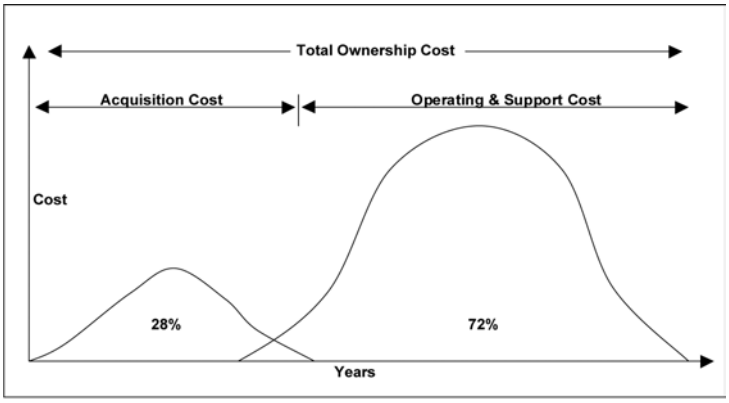
W powszechnie uznanym „cyklu życia" obiektów technicznych [8, 5] wyróżnia się cztery główne fazy (etapy): potrzebę, projektowanie i konstruowanie, wytwarzanie oraz eksploatację, rys. 3. Należy zauważyć, że w fazie „potrzeby" system techniczny nie istnieje materialnie. Jest on jedynie abstrakcyjnym wyobrażeniem, któremu przypisuje się określone (w sposób życzeniowy) zdolności i funkcje [13]. Także w fazie „projektowania i konstruowania" nie mamy do czynienia z istnieniem kompletnego systemu technicznego. Jednak w tej fazie system techniczny jest już widoczny w postaci rysunków, modeli czy prototypów.

Zgodnie z [7] cykl życia SU (UiSW) zawiera następujące etapy: badania naukowe i rozwój, projektowanie przemysłowe, produkcję, naprawę, modernizację, zmianę, utrzymanie, logistykę, szkolenie, testowanie, wycofywanie i usuwanie. Ponadto w [14] stwierdzono, że „Poszczególne etapy odnoszą się do stanów, w których znajduje się uzbrojenie i sprzęt wojskowy, poczynając od fazy analityczno-koncepcyjnej do wycofania uzbrojenia i sprzętu wojskowego z użytkowania i jego zagospodarowania". W powyższym dokumencie nie przypisano ww. etapów do poszczególnych stanów (faz).

Można wyróżnić kilka kluczowych różnic pomiędzy „cywilnym" i „wojskowym" cyklem życia systemów (obiektów) technicznych. Wojskowe systemy, z jednej strony, „żyją" dłużej w warunkach pokojowych (zasadnicze systemy uzbrojenia pozostają w eksploatacji nie mniej niż 30 lat*). SU są wyłączone z użytkowania (są przechowywane) zdecydowanie dłużej w fazie eksploatacji niż systemy „cywilne". W [10] wyróżniono w systemie eksploatacji UiSW oprócz stanu użytkowania i obsługiwania, stan przechowywania. Natomiast, z drugiej strony, „życie" SU w działaniach bojowych jest często niezwykle krótkie i ich konstrukcja nacelowana jest na zapewnienie, w pierwszym względzie, najwyższego poziomu przetrwania.

* *Przykładowo, Szef Szefostwa Służby Czołgowo-Samochodowej Inspektoratu Wsparcia Sił Zbrojnych, swoją decyzją z 2010 r., przedłużył eksploatację bojowego wozu piechoty BWP-1 o kolejnych 15 lat (sumarycznie 45 lat).*

Z cyklem życia SU pozostają w ścisłym związku całkowite koszty ich posiadania. Średnie koszty standardowych programów nabywania SU przez Ministerstwo Obrony zaprezentowano na rys. 4.



Rys. 4. Nominalne koszty cyklu życia standardowego programu nabywania system uzbrojenia pozostającego w 30 letniej eksploatacji [18]

3. Definicje i zarządzanie NGO

Termin niezawodność (ang. – dependability) jest używany tylko do ogólnego nieliczbowego opisu właściwości obiektu technicznego. Niezawodność oznacza zespół właściwości, które opisują gotowość obiektu i wpływające na nią: nieuszkadzalność (ang. – reliability), obsługiwalność (ang. – maintainability) i zapewnienie środków obsługi (ang. – maintenance suport) [16].

Niezawodność utożsamiana jest z **gotowością –** zdolnością obiektu do utrzymania się w stanie umożliwiającym wypełnianie wymaganych funkcji w danych warunkach, w danej chwili lub w danym przedziale czasu, przy założeniu, że są dostarczone wymagane środki zewnętrzne. Podstawową miarą gotowości jest funkcja gotowości $K_g(t)$ – prawdopodobieństwo, że dany obiekt jest w stanie spełniać wymaganą funkcję w danych warunkach, w danej chwili przy założeniu, że zostały dostarczone wymagane środki zewnętrzne [19]. Gotowość jest miarą stopnia określającego przebywanie obiektu w stanie zdatności funkcjonalnej i możliwości rozpoczęcia misji, której to czas rozpoczęcia jest zmienną losową. Z punktu widzenia użytkownika, gotowość jest funkcją częstotliwości występowania uszkodzeń i związanej z nimi koniecznością wykonywania obsługiwań korekcyjnych (napraw), częstotliwości przeprowadzania obsługiwań prewencyjnych, przedziału czasu wykonywania obsługiwań prewencyjnych i przedziału czasu opóźnienia logistycznego wpływającego na przestój obiektu.

Nieuszkadzalność – charakteryzuje zdolność obiektu do wypełnienia wymaganych funkcji (do poprawnego działania nie przerwanego uszkodzeniem) w danych warunkach w danym przedziale czasu. Rozróżnia się nieuszkadzalność operacyjną (misyjną) i logistyczną.

Obsługiwalność określa zdolność obiektu do utrzymania lub odtwarzania w danych warunkach eksploatacji stanu, w którym może on wypełniać wymagane funkcje przy założeniu, że obsługa jest wykonywana w przyjętych warunkach z zachowaniem ustalonych procedur i środków na każdym poziomie obsługi.

Zapewnienie środków obsługi charakteryzuje zdolność organizacji zajmującej się obsługą do zapewnienia w danych warunkach, na żądanie, środków potrzebnych do obsługi obiektu przy określonej polityce obsługi.

Podstawową miarą obsługiwalności i zapewnienia środków obsługi jest prawdopodobieństwo obsługi M(t) – prawdopodobieństwo wykonania w ustalonym przedziale czasu aktywnej obsługi obiektu eksploatowanego w określonych warunkach przy założeniu, że obsługa jest wykonana w ustalonych warunkach z zastosowaniem określonych metod i środków [14].

Osiągnięcie wymaganego poziomu NGO jest kształtowane w pętli zarządzania NGO w całym cyklu życia SU, rys. 5.

Rys. 5. Pętla zarządzania NGO w cyklu życia systemu uzbrojenia [9]

Szeroko rozumiane potrzeby użytkowników SU w aspekcie osiągania określonego poziomu NGO dla nowych systemów, formułowane są na podstawie doświadczeń, analizy warunków wykorzystania operacyjnego (misyjnego), charakterystyki warunków środowiska eksploatacji (naturalnego i sztucznego), założeń działania systemu wsparcia logistycznego. Wyżej wymienione działania powinny zawierać szczegółowe analizy dotyczące:

1. przewidywanych działań operacyjnych z uwzględnieniem wykorzystania krytycznych systemów uzbrojenia:
   – relacji w układzie pionowym i poziomym,
   – charakterystyki obciążeń (w tym maksymalnych) podczas wykonywania oczekiwanych funkcji i zadań,
   – cykli użytkowania (czas kalendarzowy, czas działania, włączenia i wyłączenia),
2. rodzajów niezdatności (w tym kryteria) systemów technicznych, mechanizmów uszkodzeń, objawów i skutków niezdatności,
3. warunków środowiska naturalnego (wilgotność, temperatura, drgania, ciśnienie, itp.) i czasu ich trwania, w których przewidywane są określone fazy eksploatacji (przechowywanie, przeładunek, wprowadzanie, transport, użytkowanie i obsługiwanie w warunkach garnizonowych i operacyjnych),

4. warunków organizacji i działania systemu technicznego w środowisku utrzymania (w systemie utrzymania):
– struktur oraz poziomów systemu utrzymania,
– infrastruktury i wyposażenia systemu utrzymania,
– zdolności personelu serwisowego,
– wsparcia logistycznego.

4. Zasady doboru wskaźników NGO SU

Dokonując wyboru wskaźników NGO dla SU należy wziąć pod uwagę: rodzaj systemu technicznego (naprawialny, nienaprawialny), koncepcję użycia i wsparcia systemu. Należy również ściśle zdefiniować pojęcie uszkodzenia, pamiętając o tym, że dla złożonych systemów działanie z powodzeniem nie możemy łatwo określić w kategoriach „wszystko lub nic". Uszkodzenie musi jednoznacznie określać przejście systemu ze stanu zdatności do stanu niezdatności poprzez dający się zmierzyć parametr lub czytelne oznaki.

Należy również wziąć pod uwagę fakt, że naprawa może być dokonana całkowicie („tak dobry jak nowy") lub niecałkowicie – tymczasowo („tak dobry jak stary"). Należy również dokładnie określić (we wszystkich przypadkach) naturę mechanizmu uszkodzeń, która wpływa na wiarygodne charakteryzowanie nieuszkadzalności.

Nieuszkadzalność jest wskaźnikiem dającym wiedzę o tym, czy system techniczny będzie funkcjonował poprawnie wówczas gdy jest wykorzystywany przez „typowego" użytkownika w założonym środowisku operacyjnym. W określaniu nieuszkadzalności systemu technicznego wymaganym jest identyfikacja warunków wykorzystania i jasne zdefiniowanie jego właściwego funkcjonowania (kiedy uszkodzenie jest traktowane jako uszkodzenie – niezdatność systemu). Powtarzające się stany zdatności i niezdatności systemów naprawialnych oraz występowanie stanów niezdatności systemów nienaprawialnych wymagają stosowania różnych modeli statystycznych jak i analitycznych. Nieuszkadzalność jest funkcją środowiska i obciążenia skorelowanego z realizowaną misją. Do najczęściej stosowanych wskaźników nieuszkadzalności możemy zaliczyć: λ – intensywność uszkodzeń, średni czas pomiędzy uszkodzeniami MTBF, średni czas pomiędzy obsługami (MTBM), średni czas pomiędzy naprawami (MTBR), średni czas pomiędzy uszkodzeniami krytycznymi (MTBCF), średni czas pomiędzy operacyjnymi misyjnymi niepowodzeniami (MTBOMF), średni czas do uszkodzenia – dla systemów, elementów nienaprawialnych (MTTF).

Obsługiwalność charakteryzowana jest przez szereg wskaźników ilościowych takich jak: μ – intensywność napraw, średni czas do naprawy (MTTR) – średni wymagany czas do naprawy uszkodzenia od chwili wystąpienia uszkodzenia, maksymalny (aktywny) czas realizacji obsług korekcyjnych (MACMT – M_{max}), średni czas obsług prewencyjnych (MPMT), średni czas wyłączenia z użytkowania (MDT). Obsługiwalność jest również funkcją identyfikacji uszkodzeń. Dlatego też wyznaczane są wskaźniki charakteryzujące procesy diagnostyczne takie jak: efektywność pokładowych systemów diagnostycznych (procent wykrycia przez te systemy defektów) czy efektywność wykrywania defektów. W ostatnim czasie, klasyczny wskaźnik fałszywych alarmów o wystąpieniu defektu (Pfa), został zastąpiony wskaź-

nikiem określającym średni czas działania operacyjnego pomiędzy wykrywaniem (detekcją) fałszywych alarmów o wystąpieniu defektu (MOHBFA). Obsługiwalność jest rozważana również w kategoriach ekonomicznych i dogodności (łatwości) wykonywania obsług. Dogodność wykonywania obsług jest pośrednio określana przy pomocy dostępności (podatności obsługowej), dokładności diagnostycznej, stopnia standaryzacji i czynnikami ludzkimi.

Gotowość możemy rozpatrywać jako funkcję częstotliwości występowania uszkodzeń lub konieczności wykonania obsług prewencyjnych i korekcyjnych (nieuszkadzalność) i czasu niezbędnego od zasygnalizowania uszkodzenia i jego potwierdzenia do czasu naprawienia uszkodzenia lub wykonania obsługi prewencyjnej (obsługiwalność). Na gotowość wpływa również zapewnienie środków obsługi. Wyróżniamy gotowość własną systemu (A_i) i gotowość operacyjną (A_o).

Wiarygodną miarę gotowości własnej systemu technicznego uzyskujemy wtedy gdy system osiągnie stan ustalony (po długim przedziale czasu użytkowania). Gotowość własną opisuje następująca zależność:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \tag{2}$$

gdzie: MTBF – średni czas pomiędzy uszkodzeniami,
MTTR – średni czas do naprawy.

Gotowość operacyjną możemy opisać w kategoriach wpływu konstrukcji i systemu wsparcia (3) oraz w kategoriach czasu zdatności i niezdatności (4).

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT} \tag{3}$$

gdzie: MTBM – średni czas pomiędzy obsługami,
MDT – średni czas wyłączenia systemu z użytkowania.

$$A_o = \frac{T_0}{T_0 + MDT} \tag{4}$$

gdzie: T_0 – średni czas poprawnej pracy systemu,
MDT – średni czas wyłączenia systemu z użytkowania.

W tabeli 1 przedstawiono wpływ nieuszkadzalności (wskaźnika charakteryzującego średni czas pracy pomiędzy uszkodzeniami – MTBF) i obsługiwalności (średni czas do naprawy – MTTR) na gotowość operacyjną.

5. Wnioski

Jak wynika z przedstawionych w referacie informacji, osiągnięcie zadowalającego poziomu NGO eksploatowanych SU wymaga kompleksowego, zintegrowanego podejścia do zagadnień NGO w całym cyklu życia SU. Obejmuje ono cztery grupy przedsięwzięć, które

Tabela 1. Wpływ wybranych wskaźników nieuszkadzalności (MTBF) i obsługiwalności (MTTR) na gotowość operacyjną systemu technicznego

Nieuszkadzalność Wskaźnik MTBF	Obsługiwalność Wskaźnik MTTR	Wpływ na Gotowość Operacyjną, A_o
↑	→	↑
↓	→	↓
→	↑	↓
→	↓	↑

Gdzie: ↑ – wzrost, → – bez zmian, ↓ – spadek

w porównaniu do ograniczonych w czasie etapów cyklu życia SU, charakteryzują się zmiennym czasem trwania, elastycznie dostosowując się do specyfiki każdego SU.

Wyżej wymienione działania powinny być skoncentrowane na opracowaniu SU cechującego się wymaganym poziomem NGO poprzez:

- zrozumienie oraz przyjęcie potrzeb/wymagań użytkowników i ograniczeń spowodowanych brakiem odpowiednich technologii oraz źródeł,
- projektowanie oraz przeprojektowywanie systemów w aspekcie osiągania planowanego poziomu NGO,
- wytwarzanie „trudno" uszkadzanych i podatnych na obsługę systemów,
- monitorowanie wybranych wskaźników techniczno-ekonomicznych eksploatowanych systemów.

Powyższy schemat działania zapewni osiągnięcie sukcesu jedynie przez potraktowanie NGO jako integralnej części inżynierii systemów technicznych i permanentne eliminowanie uszkodzeń i rodzajów uszkodzeń poprzez ich identyfikację, klasyfikację, analizę lub łagodzenie ich skutków. Powyższe działania powinny rozpoczynać się w fazie pozyskiwania pre-systemów i być kontynuowane poprzez następne fazy cyklu życia systemów uzbrojenia (rozwoju konstrukcji, produkcji, eksploatacji).

Literatura

1. AAP-6: NATO Glossary of Terms and Definitions. NSA, 2008.
2. Backlund, A.: The definition of system. Kybernetes, 2000, vol. 29, iss: 4, pp.444-451.
3. Bellinger, G.: Outsight, Internet, http://www.radix.net/~crbnblu/musings/, cit. 2002-08-02].
4. Best Practices: Setting Requirements Differently Could Reduce Weapon Systems' Total Ownership Costs. GOA final report, 2003.
5. Cempel C.: Teoria i inżynieria systemów – zasady i zastosowania myślenia systemowego. ITE-PIB, Radom 2008.
6. David E. Mortin, Stephen P. Yukas, Michael J. Cushing: Five Key Ways to Improve Reliability. RAC Journal 2Q 2003.
7. Decyzja nr 28/MON Ministra Obrony Narodowej z dnia 7 lutego 2011 r. w sprawie systemu pozyskiwania, eksploatacji i wycofywania uzbrojenia i sprzętu wojskowego Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej, Dz.U. MON nr 3, poz.35 z 28.02.2011.

8. Hebda M. Mazur T.: Podstawy eksploatacji pojazdów samochodowych. WKiŁ, Warszawa 1980.
9. Kowalski K.: Kształtowanie niezawodności systemów uzbrojenia w aspekcie potrzeb użytkowników. Zeszyty Naukowe WSOWL nr 4/2010, Wrocław 2010.
10. Kowalski K., red.: Eksploatacja wojskowych pojazdów mechanicznych, część 2. WSOWL, Wrocław 2007.
11. Michael L. Cohen, John B. Rolph, and Duane L.: Steffey, Statistics, Testing, and Defense Acquisition – New Approaches and Methodological Improvements. National Academy Press, Washington D.C., 1998.
12. Niziński S.: Eksploatacja obiektów technicznych. ITE, Radom 2002.
13. Niziński S., Michalski R.: Utrzymanie pojazdów i maszyn. ITE-PIB, Radom 2007.
14. Nowakowski T.: Metodyka prognozowania niezawodności obiektów mechanicznych. PW, Wrocław 1999.
15. PATZAK, G.: Engineering of systems – Planning of Innovative Comprehensive Systems, the Rudiments, Methods, Techniques. Springer Verlag, Berlin, 1982, p. 23.
16. PN-93/N50191: Słownik terminologiczny elektryki. Niezawodność; jakość usługi.
17. Reliability Performance Today, ATEC/PEO C3T Day, AEC R&M Directorate, 27 Jul 2010.
18. Report to the Subcommittee on Readiness and Management Support, Committee on Armed Services, U.S. Senate, GAO-03-57, Best practices, Setting Requirements Differently Could Reduce Weapon Systems Total Ownership Costs, US General Accounting Office, USA 2003, p. 21.
19. Villemeur A.: Reliability, Availability, Maintainability and Safety Assessment. Wiley 1992.
20. Warden, John A.: The Enemy as a System. Airpower Journal, Spring, 1995.

RELIABILITY, AVAILABILITY AND MAINTAINABILITY OF WEAPON SYSTEMS

Summary. The paper attempts to define the concept of weapon system. The requirements for reliability, availability and maintainability of weapon systems in the NATO standards were presented. Also, the life cycle of weapon systems in the process of acquisition was introduced. The fundamental concepts associated with the dependability of weapon systems were defined. Reliability, availability and maintainability management loop of weapon systems in life cycle was described. The achievement of reliability, availability and maintainability in the context of the broad needs of weapon systems sers were presented as well. It were given rules for the selection of indicators describing the characteristics of reliability, availability and maintainability. The summary includes an opinion on the need for treatment of reliability, availability and maintainability as an integral part of weapon systems engineering and permanent elimination of failures and types of failures through their identification, classification, analysis or mitigate their effects. These activities should begin during the acquisition proces of pre-systems and continue through all next phases of the life cycle of weapon systems.

Key words: weapon system, reliability, life cycle

Štefan Liščák*, Krzysztof Olejnik, Grzegorz Woźniak****

ZNACZENIE I ROLA TYLNEJ BELKI PRZECIWNAJAZDOWEJ POJAZDÓW W TRANSPORCIE DROGOWYM

Streszczenie. Przedstawiono analizę sytuacji oraz propozycje działań, których efektem będzie zmniejszenie możliwości powstawania kolizji i wypadków w rozwijającym się transporcie drogowym. Omówiono potrzebę doprowadzenie do zmiany przepisów tak, aby zapewnić zrównanie wprowadzenia odpowiednich przepisów w zakresie tylnych belek przeciw najazdowych. Przeanalizowane i omówione w artykule propozycje są działaniami ukierunkowanymi na zmniejszenie liczby kolizji i wypadków w rozwijającym się transporcie drogowym. Bez radykalnych decyzji nie jest możliwe ograniczenie wypadków (szczególnie śmiertelnych), powstających w transporcie drogowym. Artykuł przedstawia analizę i ocenę zmian przepisów dotyczących tylnej belki przeciwnajazdowej. Analiza dotyczy dokumentów opublikowanych przez Unię Europejską i Porozumienie Genewskie. Postanowienia końcowe zawarte w przepisach opublikowanych przez obydwie instytucje poddane zostały ocenie pod względem merytorycznym oraz możliwości zastosowania ich podczas konstruowania tylnych belek przeciwnajazdowych.

Słowa kluczowe: tylne zabezpieczenia przeciwnajazdowe, uszkodzenia wypadkowe

Wprowadzenie

Przepisy prawne Europejskiej Wspólnoty Gospodarczej i Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ od kilkudziesięciu lat wprowadziły i określają wymogi w zakresie tylnych zabezpieczeń pojazdów. Mają one chronić mniejsze pojazdy przed wjechaniem pod samochód ciężarowy w przypadku zderzenia. Tylne zabezpieczenie może funkcjonować w pojeździe jako jeden z jego elementów konstrukcyjnych podwozia, nadwozia lub jako oddzielne urządzenie w kształcie belki. Przepisy obowiązujące w EWG oraz w EKG ONZ powinny być implementowane w całości do prawodawstwa Polski i Słowacji. Wówczas pojazdy poruszające się w ruchu transgranicznym mają podobnie funkcjonujące elementy systemu bezpieczeństwa uczestników ruchu drogowego. Belka przeciwnajazdowa jest ważnym elementem systemu bezpieczeństwa biernego, ponieważ dostosowuje położenie strefy zderzenia do położenia obszarów pochłaniania energii w samochodach osobowych. W efekcie w trakcie kolizji lub wypadku powstają inne uszkodzenia do których samochód jest odpowiednio przygotowany. Nie dostosowanie w tym zakresie powoduje gwałtowny wzrost ciężkości wypadków. Uszkodzenia samochodów mają inny charakter – przestaje efektywnie działać „klatka przeżycia". Poniżej przedstawiono analizę zmian europejskich wymagań w omawianym zakresie. Obserwowany postęp techniczny i rozwój urządzeń umożliwił tworzenie wyrafinowa-

* Žilinska Univerzita Fakulta PEDAS, Żilina, Slovaki, stefan.liscak@fpedas.uniza.sk
** Instytut Transportu Samochodowego, krzysztof.olejnik@its.waw.pl, grzegorz.wozniak@its.waw.pl

nych konstrukcji. Jednak w przepisach implementowanych w Polsce i w Słowacji wyłączono samochody samowyładowcze z obowiązku wyposażania ich w tylne urządzenia zabezpieczające. Wcześniej było to uzasadniane specyficzną konstrukcją tych pojazdów i specyfiką ograniczeń wyładunkowych. Jednak nowe rozwiązania konstrukcyjne belek również mogą zaspokoić te ograniczenia eksploatacyjne.

Dyrektywa Rady 70/221/EWG [1]

Pierwszym zapisem Europejskiej Wspólnoty Gospodarczej (EWG) w sprawie tylnego zabezpieczenia pojazdów jest Dyrektywa Rady (70/221/EWG) [1] z dnia 20 marca 1970 r. W związku z różnicami, jakie istniały pomiędzy przepisami krajowymi poszczególnych Państw Członkowskich ujednolicała ona przepisy dotyczące tylnych zabezpieczeń w pojeździe. Ustanowiła także okres przejściowy. Państwa były zobowiązane do wprowadzenia przepisów zgodnych z dyrektywą na własnym terenie do dnia 20 września 1971 r.

Jej głównym postanowieniem był przymusu stosowania tylnego zabezpieczenia. Jednak jeżeli odległość od podłoża tyłu pojazdu jest nie większa niż 70 cm a odległość tylnej osi od tylnego obrysu nie większa niż 1 m to producent nie ma obowiązku instalowania tylnego zabezpieczenia przeciwnajazdowego. W innych przypadkach należy analizować:

- odległość dolnej krawędzi belki od podłoża która nie może być mniejsza niż 70 cm,
- szerokość belki nie może być większa niż szerokość pojazdu i nie mniejsza od szerokości o 10 cm z każdej strony,
- odległość belki od punktu pojazdu który jest najbardziej wysunięty ku tyłowi nie może być większa niż 60 cm,
- wytrzymałość na zginanie belki – moduł wytrzymałości na zginanie równy 20 cm^3.

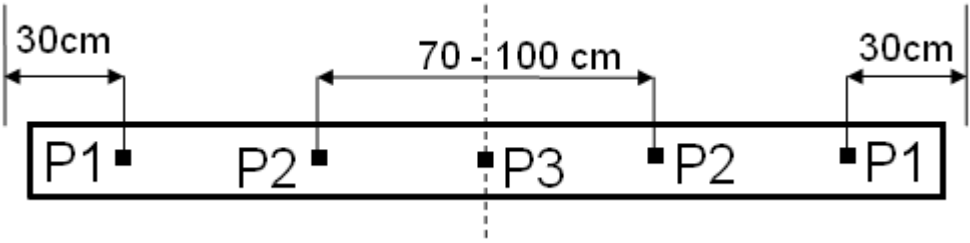
Dyrektywa Komisji 79/490/EWG [2]

Celem wprowadzenia przez komisje EWG następnego dokumentu było zaostrzenie wymogów i większe zbliżenie ich do rzeczywistych warunków badań. Wprowadzał on także homologację EWG dotyczącą oddzielnego urządzenia technicznego. Dyrektywa Komisji (79/490/EWG) [2] z dnia 18 kwietnia 1979 r. weszła w życie 1 stycznia 1980 r. Od tego momentu Państwa Członkowskie zobowiązane były udzielać homologacji zgodnie z wytycznymi tej dyrektywy. Do dnia 1 października 1980 r. państwa mogły rejestrować pojazdy które spełniały wymogi poprzedniego dokumentu.

W sposób bardziej rygorystyczny określała warunek przymusu stosowania tylnego zabezpieczenia. W tym przypadku odległość od podłoża tyłu pojazdu została zmniejszona z 70 cm do 55 cm w odległości nie większej niż 45 cm od tylnego obrysu pojazdu. Wcześniej odległość elementu zabezpieczającego od tylnego obrysu mogła wynosić aż 1 m. Jeśli warunek ten nie został spełniony to należało zastosować tylne urządzenie zabezpieczające o następujących parametrach:

- odległość dolnej krawędzi belki od podłoża która została zmniejszona z 70 do 55 cm,
- wysokość (w przekroju) belki nie może być mniejsza niż 10 cm,
- szerokość belki pozostała bez zmian: nie może być większa niż szerokość tylnej osi i nie mniejsza niż szerokość o 10 cm z każdej strony,
- usytuowanie urządzenia podczas badań – połączona z bocznymi częściami podwozia,

- warunek stworzenia oporu siłom przykładanym do belki,
- w trakcie jak i po badaniach odległość belki do tylnej krawędzi nie może być większa niż 40 cm,
- położenie punktów P1, P2, P3 przyłożenia siły wg. schematu na rys.1,
- wartości sił poziomych: P1 i P3 = 12,5 % masy pojazdu, nie więcej niż 2,5 x 10^4 N, P2 = 50 % masy pojazdu, nie więcej niż 10 x10^4 N,
- wymiary trzpieni bxh za pomocą których przykładana jest siła 20x25 cm.



Rys. 1. Schemat położenia punktów P na belce względem skrajnego obrysu opony

Dyrektywa Komisji 2006/20/WE [3]

Kolejnym dokumentem, zarazem najbardziej aktualnym jest Dyrektywa Komisji 2006/20/WE [3] z dnia 17 lutego 2006 r. Weszła ona w życie 11 września 2007 r. i od tego momentu Państwa Członkowskie zobowiązane są stosować zawarte w niej postanowienia. Do dnia 11 marca 2010 r. w państwach tych możliwa była rejestracja pojazdów które posiadają homologację zgodną z poprzednią dyrektywą.

Celem wprowadzenia zmian było zaostrzenie przepisów dotyczących zwiększenia wytrzymałości tylnych zabezpieczeń oraz uwzględnienie pojazdów wyposażonych w pneumatyczne zawieszenie. Uwzględniają one także podnośniki platformowe w kontekście tylnych zabezpieczeń.

Dyrektywa ta wprowadziła dodatkowe wymogi do poprzednich dokumentów. Miedzy innymi określiła warunki w jakich pojazd powinien poddawany być badaniom:

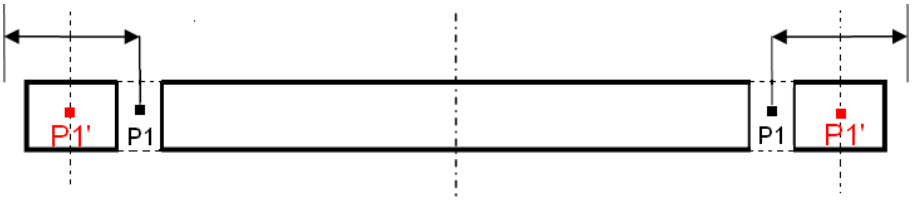
- pojazd musi znajdować się na płaskiej, twardej i gładkiej nawierzchni,
- przednie koła pojazdu muszą być ustawione prosto w kierunku jazdy,
- ciśnienie w oponach musi być zgodne z ciśnieniem zalecanym przez producenta,
- w razie konieczności uzyskania wymaganych badaniem sił pojazd może być zablokowany w jakikolwiek sposób, określony przez producenta pojazdu,
- jeśli pojazd wyposażony jest w zawieszenie hydropneumatyczne, hydrauliczne lub pneumatyczne, lub urządzenie służące do automatycznego wyrównywania poziomu w zależności od obciążenia, musi on być badany z zawieszeniem lub urządzeniem w normalnych warunkach użytkowania podanych przez producenta.

Wprowadza także położenie zastępczych punktów przyłożenia siły ze względu na zamontowanie tylnego podnośnika (rys. 2).

Zwiększa wartość siły przykładanej do punktów P1 i P3: z 2,5 x 10^4 N do 5 x 10^4 N.

W związku z tylnym podnośnikiem, dyrektywa określa dodatkowe wymogi:

- tylne zabezpieczenie może posiadać przerwę ze względu na mechanizm podnośnika,



Rys. 2. Schemat położenia zastępczych punktów P' względem skrajnego obrysu opony

- boczna odległość elementów montażu tylnego zabezpieczenia od elementów podnośnika nie może przekroczyć 2,5 cm,
- poszczególne elementy tylnego zabezpieczenia muszą w każdym przypadku mieć odpowiednią powierzchnię wynoszącą co najmniej 350 cm^2.

Regulamin 58 EKG ONZ [5]

Wymogi co do tylnych zabezpieczeń pojazdów wprowadzane były równocześnie przez Europejską Komisje Gospodarczą ONZ. Regulamin 58 EKG ONZ [5] z 20.03.1958 r. był pierwszym zapisem odnoszącym się do tylnych zabezpieczeń przeciwnajazdowych. Jego postanowienia weszły w życie 01.06.1983 r. i od tego czasu Państwa Członkowskie zobowiązane były do stosowania się do zawartych w nich norm.

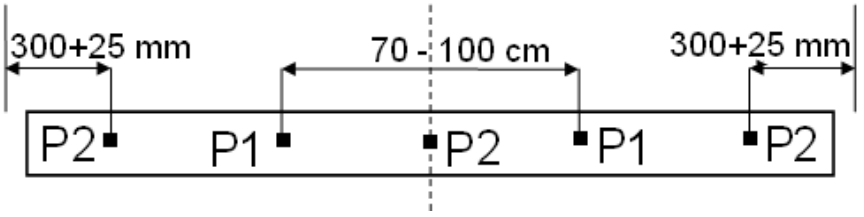
Regulamin 58 EKG ONZ poprawka 01 [5]

Został on zmodyfikowany przez wprowadzenie poprawki 01 do Regulaminu 58 EKG ONZ [5] która weszła w życie 25.03.1989 r. Zmienia przepisy dotyczące tylnej belki przeciwnajazdowej w krajach członkowskich EKG ONZ. Zawiera trzy części z których:

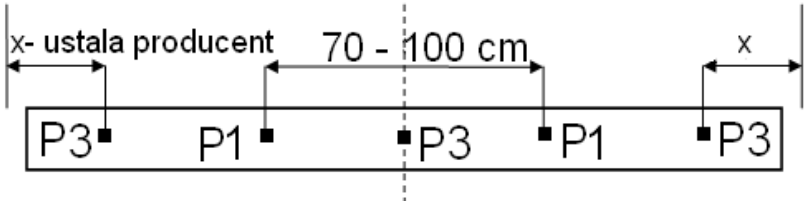
- I – dotyczy samej belki,
- II – dotyczy umieszczenia belki na pojeździe,
- III – dotyczy belki na stałe zamontowanej w pojeździe.

Część I regulaminu odnosi się do:

- wysokości przekroju belki który nie może być mniejszy niż 100 mm,
- metod przeprowadzenia badania ze względu na usytuowanie urządzenia zabezpieczającego: na pojeździe, ramie, sztywnym stole warsztatowym,
- warunku stworzenia oporu siłom przykładanym do belki, odkształcenia powstałe w wyniku przyłożenia sił powinny być zanotowane,
- położenia punktów przyłożenia siły P1, P2, P3 (rys.3, 4)



Rys. 3. Schemat dla badania na pojeździe i specjalnej r amie względem skrajnego obrysu opony



Rys. 4. Schemat dla badania na sztywnym stole warsztatowym względem skrajnego obrysu opony

– wartości sił poziomych które przykładane powinny być w odpowiednich punktach na belce:
  • P1; 100 kN lub 50 % „masy”,
  • P2; 25 kN lub 12,5 % „masy”,
  • P3; 25 kN lub 12.5 % „masy”.

  Odniesienie „masy” rozumieć należy jako siłę która wytwarzana jest przez np. 50% lub 12,5% masy pojazdu.
– wymiarów trzpieni za pomocą których należy przykładać siłę w wyznaczonych punktach, bxh: 200x250 mm,

II część poprawki 01 Regulaminu 58 EKG ONZ odnosi się do usytuowania na pojeździe tylnej belki posiadającej już homologację zgodną z częścią I. Część II regulaminu określa następujące wymagania:
– określa odległość dolnej krawędzi belki od podłoża która nie może być mniejsza niż 550 mm,
– ogranicza maksymalną wysokość punktów na belce do których przykładane będą siły równolegle do osi pojazdu. Wysokość ta nie może przekraczać 600 mm,
– określa maksymalną odległość belki od punktu pojazdu który jest najbardziej wysunięty ku tyłowi. Odległość ta wynosi maksymalnie 400 mm pomniejszona o odkształcenie powstałe podczas przyłożenia do belki sił. Nie bierze się pod uwagę punktów położonych na wysokości ponad 3m nad podłożem,
– wskazuje także na zależność rzeczywistej masy całkowitej pojazdu i tej przypisanej dla danego (TUZ). Masa rzeczywista nie może być większa niż ta przypisana.

Część III regulaminu odnosi się do pojazdów które posiadają zabezpieczenie (TZ) przed wjechaniem pod tył samochodu. Treść trzeciej części określa wymogi konstrukcyjne, wytrzymałościowe tylnej belki oraz metodykę przeprowadzania badań. Odnosi się do:
– odległości dolnej krawędzi belki od podłoża która nie może być większa niż 550 mm,
– wysokości przekroju belki który nie może być mniejszy niż 100 mm,
– szerokości belki która nie może być większa niż szerokość tylnej osi i nie mniejsza niż szerokość o 10 cm z każdej strony, jeśli zawiera się w nadwoziu to może być szersza,
– warunków w jakich pojazd poddawany jest badaniom:
  • pojazd musi znajdować się na płaskiej, twardej i gładkiej nawierzchni,
  • przednie koła pojazdu muszą być ustawione prosto w kierunku jazdy,
  • ciśnienie w oponach musi być zgodne z ciśnieniem zalecanym przez producenta,
  • w razie konieczności uzyskania wymaganych badaniem sił pojazd może być zablokowany w jakikolwiek sposób, określony przez producenta pojazdu,

- jeśli pojazd wyposażony jest w zawieszenie hydropneumatyczne, hydrauliczne lub pneumatyczne, lub urządzenie służące do automatycznego wyrównywania poziomu w zależności od obciążenia, musi on być badany z zawieszeniem lub urządzeniem w normalnych warunkach użytkowania podanych przez producenta.

– metody przeprowadzania badań ze względu na usytuowanie urządzenia: na pojeździe, ramie, sztywnym stole warsztatowym,
– warunku stworzenia oporu siłom przykładanym do belki. Warunek ten jest spełniony jeżeli w trakcie jak i po badaniach odległość belki do tylnej krawędzi jest nie większa niż 400 mm pomniejszone o zanotowane odkształcenie. Nie bierze się pod uwagę punktów położonych na wysokości ponad 3m nad podłożem,
– położenia punktów przyłożenia siły (P1,P2,P3)które są identycznie jak w części I,
– wartości siły poziomej również identycznych jak w części I,
– wymiarów trzpieni bxh: 200x250 mm.

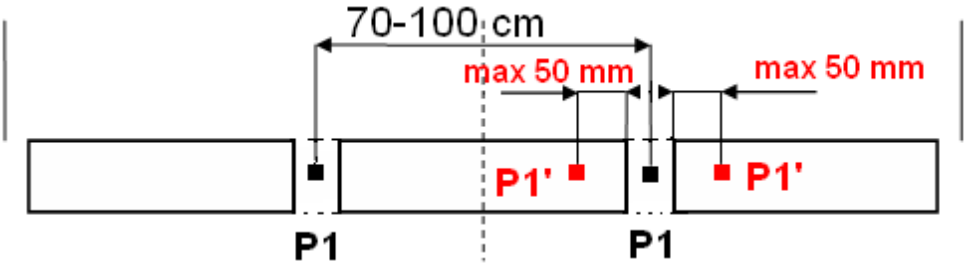
Regulamin 58 EKG ONZ poprawka 02 [5]

Głównym celem wprowadzenia poprawki 02 do Regulaminu 58 EKG ONZ [5] było zaostrzenie przepisów dotyczących wytrzymałości tylnego zabezpieczenia przeciwnajazdowego. W związku z rozwojem technicznym i coraz częstszym montowaniem tylnego podnośnika platformowego, poprawka 02 wprowadziła kilka dodatkowych zapisów które dostosowują tylne zabezpieczenie do montażu podnośników. Poprawka druga weszła w życie z dniem 11 lipca 2008 r. Podobnie jak poprawka 01 dokument składa się z trzech części z których:

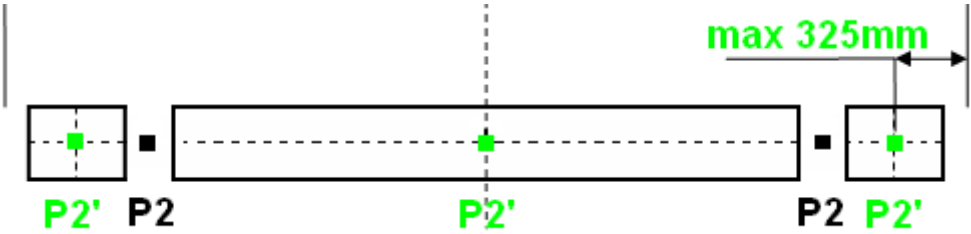
– I – dotyczy samej belki,
– II – dotyczy umieszczenia belki na pojeździe,
– III – dotyczy belki na stałe zamontowanej w pojeździe.

Istnieje także dodatkowy rozdział informujący o okresach przejściowych dla stosowania poprawki pierwszej jak i drugiej. Odnosi się on do przepisów przejściowych które określają następujące okresy w których Państwa Członkowskie muszą wprowadzać określone zmiany:

– przepisy określone serią poprawek 02 obowiązują od daty wejścia w życie tj. 11.07.2008,
– w terminie do 18 miesięcy od daty wejścia w życie (tj. do 11.01.2010 r.) obowiązują przepisy części I i II regulaminu zmienionego serią poprawek 01,
– po upływie 48 miesięcy od daty wejścia w życie poprawki 02, strony udzielają homologacji wyłącznie jeśli typ pojazdu spełnia wymagania części III poprawki do regulaminu Głównymi zmianami w części I dokumentu są:
– wprowadzenie położenia zastępczych punktów przyłożenia siły ze względu na przerwy w tylnym zabezpieczeniu spowodowane montażem podnośnika platformowego (rys. 5): Punkty P1' powinny znajdować się w odległości nie większej niż 50 mm od wewnętrznej krawędzi elementu zewnętrznego belki. Punkty P2' powinny znajdować się w przecięciu osi symetrii elementów zewnętrznych belki.
– zwiększenie wartości sił poziomych równoległych do osi pojazdu które przykładane powinny być w kolejnych punktach P1, P2, P3 (rys. 6).
  - wartość w pkt. P1; 100 kN lub 50 % „masy" (pozostaje bez zmian),
  - wartość w pkt. P2; 50 kN lub 25 % „masy" (została zwiększona z 25 kN),
  - wartość w pkt. P3; 50 kN lub 25 % „masy" (została zwiększona z 25kN),



Rys. 5. Schemat położenia zastępczych punktów P1' względem skrajnego obrysu opony



Rys. 6. Schemat położenia zastępczych punktów P2' względem skrajnego obrysu opony

- zmiana warunku stawiania oporu silom. Warunek ten jest spełniony jeżeli w trakcie jak i po badaniach odległość belki do tylnej krawędzi jest nie większa niż 400 mm pomniejszone o zanotowane odkształcenie. Nie bierze się pod uwagę punktów położonych na wysokości ponad 2 m a nie 3 m nad podłożem jak w poprzednim dokumencie
  Wprowadza także dodatkowe wymogi w związku z tylnym podnośnikiem:
- tylne zabezpieczenie może posiadać przerwę ze względu na mechanizm podnośnika,
- boczna odległość elementów montażu tylnego zabezpieczenia od elementów podnośnika nie może przekroczyć 2,5 cm,
- poszczególne elementy tylnego zabezpieczenia muszą w każdym przypadku mieć odpowiednią powierzchnię wynoszącą co najmniej 350 cm^2. Dla pojazdów o szerokości mniejszej niż 2 m powierzchnia może być zmniejszona.

W część II dokumentu odnoszącej się do położenia w pojazdach tylnych urządzeń zabezpieczających (TUZ), które otrzymały homologację typu zgodnie z częścią I niniejszego regulaminu wprowadzono niewiele zmian. Zmianie uległ jedynie warunek stawiania oporu silom przykładanym do belki. Warunek ten jest spełniony jeżeli w trakcie jak i po badaniach odległość belki do tylnej krawędzi jest nie większa niż 400 mm pomniejszone o zanotowane odkształcenie. Nie bierze się pod uwagę punktów położonych na wysokości ponad 2 m a nie 3 m nad podłożem jak w poprzednim dokumencie.

Część III poprawki 02 wprowadza również kilka istotnych zmian w stosunku do części III poprawki 01. Najistotniejsze zmiany to:

- wprowadza zastępcze położenie punktów przyłożenia siły, są one identyczne jak w przypadku części I poprawki 02,
- zwiększa wartość sił przykładanych w punktach P2, P3,

- wprowadza zmianę w warunku stawiania oporu silom przykładanym do tylnego zabezpieczenia. Podczas montażu belki nie bierze się pod uwagę punktów umieszczonych powyżej 2 m nad powierzchnią,
- wprowadza zmiany dotyczące szerokości belki, która jeśli zawiera się w nadwoziu to może być szersza niż zewnętrzne krawędzie kół osi tylnych,
- ze względu na zamontowanie tylnego podnośnika, powierzchnia bocznych elementów belki może być mniejsza niż 350 cm^2 dla pojazdów o szerokości mniejszej niż 2 m.

Podsumowanie zmiany przepisów

Wymogi dotyczące tylnej belki zabezpieczającej w pojazdach ciężarowych przeszły wiele transformacji od momentu ukazania się przepisów bazowych. Pierwsza Dyrektywa Rady 70/221/EWG [1] w sposób ogólnikowy, bez większych szczegółów narzucała przymus stosowania tylnej belki. Zakres jej wytrzymałości i usytuowania na pojeździe był szeroki i nie uwzględniał szczególnych konstrukcji samochodów. W związku z dynamicznym rozwojem konstrukcji samochodowych, znacznym zwiększeniem ich liczby na drogach oraz położeniem dużego nacisku na bezpieczeństwo uczestników ruchu, przepisy zawarte w kolejnej dyrektywie znacznie zaostrzyły wymagania dotyczące tylnej belki.

Głównym celem Dyrektywy Komisji 79/490/EWG [2] było wprowadzenie bardziej rygorystycznych przepisów dotyczących wytrzymałości i wymiarów belki. Określała ona także warunki umieszczenia belki na pojeździe, w których dążono do przesunięcia belki możliwie jak najbliżej tyłu pojazdu i najniżej do nawierzchni na której stoi pojazd. Jako pierwsza, dyrektywa ta umożliwiała przeprowadzenie procesu homologacji dla belki jako oddzielnego urządzenia.

Szybki rozwój samochodów, zawieszeń pneumatycznych oraz montaż podnośników platformowych na samochodach, wymogły na Unii Europejskiej dostosowanie przepisów do rzeczywistych parametrów pojazdów. W tum celu w 2006 roku wprowadzono Dyrektywę Komisji 2006/20/WE [3] która dostosowała wymogi do nowych rozwiązań technicznych zastosowanych w pojazdach. Zwiększono w niej wymogi ze względu na wytrzymałość belki oraz sposobu przeprowadzenia badan homologacyjnych.

Równolegle w czasie Europejska Komisja Gospodarcza ONZ wprowadzała poprawkę 01 a następnie 02 do Regulaminu 58 EKG ONZ [5]. Poprawka 01 bardziej szczegółowo niż obowiązująca w tamtym czasie Dyrektywa 79/490/EWG [2] określał wymagania dla tylnej belki przeciwnajazdowej. Regulamin ten dokładnie określał wytrzymałość belki, jej kształt i wymiary oraz sposób zamocowania na pojeździe który nie zmienił się od tamtego czasu. Dokładnie wskazywał na sposób przeprowadzenia badań oraz warunki w których pojazd powinien poddawany być pomiarom.

Wprowadzona poprawka 02 która opublikowana została ok. rok po Dyrektywnie Komisji 2006/20/WE [3] znacznie podniosła wymagania co do wytrzymałości belki, dostosowania jej do zamontowania podnośnika platformowego. W odróżnieniu od dyrektyw, poprawki do Regulaminu 58 EKG ONZ [5] określają dokładnie sposób pomiaru belki zarówno zamontowanej na pojeździe jak i jako oddzielnego urządzenia.

W związku z rozbieżnościami wymagań określonych w przepisach poszczególnych państw stosujących przepisy zabezpieczające przed wjechaniem pod tył pojazdu, państwa te postanowiły je ujednolicić. Przepisy bazowe Krajów EWG, Porozumienia Genewskiego i zawarte w nich wymogi dotyczące tylnego zabezpieczenia przeciwnajazdowego były nie całkowicie sprecyzowane. W związku z dużym postępem technicznym, montowaniem podnośników platformowych, Państwa Członkowskie wprowadziły kolejne przepisy dotyczące tylnych zabezpieczeń. Tylne belki mają znaczący wpływ na bezpieczeństwo ludzi podróżujących mniejszymi samochodami które podczas wypadków drogowych wjeżdżały pod przestrzeń ładunkową pojazdów ciężarowych. Brak tylnego zabezpieczenia oraz niewłaściwe jego parametry uniemożliwiały prawidłowe rozłożenie naprężeń na strefę zgniotu samochodu osobowego. Było to przyczyną wielu śmiertelnych zdarzeń.

Obowiązujące obecnie, ujednolicone przepisy oraz powstałe w oparciu o nie konstrukcje w znacznie większym stopniu zabezpieczają przed wjazdem pod pojazdy ciężarowe przez co są znacznie bezpieczniejsze.

Tylne belki przeciwnajazdowe w samochodach samowyładowczych

W Polskich i Słowackich przepisach dotyczących pojazdów dopuszcza się pojazdy samowyładowcze bez tylnej belki przeciwnajazdowej [4, 6]. Pojazdy samowyładowcze poruszają się również po drogach publicznych i niestety także biorą udział w wypadkach i kolizjach drogowych (rys. 7, 8). Możliwość niezastosowania tylnej belki przez producenta pojazdu naraża innych uczestników ruchu drogowego na dodatkowe zagrożenie utraty zdrowia i życia. Brak tylnego urządzenia ochronnego umożliwia głębokie wjechanie pod skrzynię wyładowczą i w efekcie zniszczenie „klatki przeżycia" (rys. 9). Dotyczy to zarówno samochodów osobowych jak również pojazdów ciężarowych i autobusów oraz wpływa niekorzystnie na system bezpieczeństwa biernego użytkowników dróg.

Rys. 7. Przykłady wystawania skrzyń samochodów samowyładowczych

Belki przeciw najazdowe z tyłu pojazdu są elementami wyposażenia systemu bezpieczeństwa biernego. Od 1 maja 2004 r. Polska jest jednym z 27 krajów członkowskich Unii Europejskiej. Oznacza to m.in., że musimy systematycznie aktualizować nasze krajowe ustawodawstwo, dostosowując je do przepisów zawartych w dyrektywach, wydawanych przez

organy UE. Powinniśmy także badać dostosowanie przepisów do potrzeb oraz potrzeb do przepisów. W Unii Europejskiej dyrektywy określają regulacje prawne w różnych dziedzinach życia m.in. warunki techniczne tylnych zabezpieczeń przeciw najazdowych dla pojazdów samowyładowczych. O wymaganiach tych mowa jest m.in. w dyrektywie 70/221 EWG [1]. Zostały w niej określone warunki, które decydują, kiedy w pojazdach tylne zabezpieczenia należy mocować oraz jak powinno być ono na nim umieszczone. Specyficzne przeznaczenie pojazdów samowyładowczych (wywrotek) w niektórych sytuacjach powoduje, że tylne urządzenie ochronne sprawia utrudnienia w wyładowaniu przewożonego ładunku.

Rys. 8. Przykłady samochodów samowyładowczych tej samej marki i typu – z tylną belką przeciw najazdową oraz bez niej

Rys. 9. Przykład symulacji skutków możliwego najechania autobusu lub samochodu dostawczego na wystającą nadmiernie skrzynię ładunkową pojazdu samowyładowczego

Skutecznym sposobem na wyeliminowanie tego problemu jest składana lub podnoszona belka (rys. 10). Jest to elastyczne rozwiązanie ułatwiające pracę kierowcy wywrotki podczas wyładunku przewożonego materiału. Jednocześnie zabezpiecza innych uczestników ruchu drogowego przed dużą ciężkością wypadku podczas kolizji lub wypadku w sytuacji najechania na tył pojazdu wtedy, gdy pojazd porusza się po drogach publicznych (rys. 9).

Obowiązek wyposażania pojazdów samowyładowczych w tylną belkę przeciw najazdową spowoduje poprawę systemu bezpieczeństwa biernego uczestników ruchu drogowe-

go. Obserwowany postęp techniczny i rozwój urządzeń umożliwia wprowadzenie takiego obowiązku. Ponadto prawo obowiązujące w Unii Europejskiej nakłada na władze w Polsce obowiązek wprowadzenia takiego wymagania.

Rys. 10. Przykład zastosowania tylnej belki przeciwnajazdowej przestawianej na czas wyładunku

Jest niezbędna potrzeba wprowadzenia odpowiednich przepisów w zakresie tylnych belek przeciwnajazdowych [4]. Wymusi to na producentach i użytkownikach pojazdów obowiązek ich instalowania (w szczególności w pojazdach samowyładowczych rys. 10). Umożliwi to przy najechaniu na tył wywrotki obniżenie ciężkości wypadków z udziałem innych pojazdów.

Przeanalizowane i omówione w artykule propozycje są działaniami ukierunkowanymi na zmniejszenie liczby kolizji i wypadków w rozwijającym się transporcie drogowym. Bez radykalnych decyzji nie jest możliwe ograniczenie wypadków (szczególnie śmiertelnych), powstających w ruchu drogowym. Przy realizowaniu potrzeb transportowych powinno wszystkim przyświecać dążenie do osiągnięcia bezpieczeństwa jego uczestników w ruchu drogowym.

Literatura

1. Dyrektywa Rady (70/221/EWG) w sprawie zbliżenia ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do zbiorników ciekłego paliwa oraz tylnych zabezpieczeń pojazdów silnikowych i ich przyczep.

2. Dyrektywa Komisji (79/490/EWG) w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do zbiorników ciekłego paliwa oraz tylnych zabezpieczeń pojazdów silnikowych i ich przyczep.
3. Dyrektywa Komisji (2006/20/WE) zmieniająca, w celu dostosowania do postępu technicznego, dyrektywę Rady 70/221/EWG w sprawie zbiorników paliwa oraz tylnych zabezpieczeń pojazdów silnikowych i ich przyczep.
4. Olejnik K.: Estimation of the need of harmonization of the technical demands of the vehicles used in the transit countries to decrease the threats made by the accidents, presented in the selected examples. referat na Międzynarodowej Konferencji Naukowo – Technicznej TRANSBALTICA' 2007, 11 – 12 kwietnia 2007 r. w Wilnie.
5. Regulamin 58 EKG ONZ poprawki 01/02 – jednolite przepisy dotyczące homologacji: tylnych urządzeń zabezpieczających (TUZ), Pojazdów w zakresie położenia homologowanego TUZ, pojazdów w zakresie tylnego zabezpieczenia (TZ).
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 24 października 2005 r. w sprawie homologacji typu pojazdów samochodowych i przyczep (Dz. U. z 2005r. nr 238, poz. 2010 wraz z późniejszymi zmianami).

IMPORTANCE AND ROLE OF THE REAR UNDERRUN VEHICLE BAR IN THE ROAD TRANSPORT

Summary. The analysis has been presented of the situation as well as the actions proposed, aimed to lower the chance of the collision and accidents occurrence in the developing road transport. The need to alter the regulations, to ensure unification of the introduction of the regulations on the rear underrun vehicle bar, is discussed. The points analysed and discussed in the article represent actions directed at lowering the number of collisions and accidents in the developing road transport. Without radical decisions it is impossible to reduce the number of accidents (especially fatal ones), occurring in the road transport. The article presents analysis and evaluation of the regulations on the on the rear underrun vehicle bar. The analysis concerns the documents published by the European Union and Geneva Agreement. The final provisions included in the regulations published by both of these institutions have been subject to the substance assessment and the possibility of applying them during the design of the rear underrun vehicle bars.

Key words: rear underrun protection devices, accident damage

Gabriel Nowacki*

INTEROPERACYJNOŚĆ KRAJOWEGO SYSTEMU AUTOMATYCZNEGO POBORU OPŁAT – KSAPO

Streszczenie. W artykule przedstawiono wybrane problemy dotyczące implementacji europejskiej usługi opłaty elektronicznej EETS w Polsce. Instytut Transportu Samochodowego (IST) prowadził testy projektu pilotażowego – struktura funkcjonalna Krajowego Systemu Automatycznego Poboru Opłat (KSAPO). W skład systemu wchodzą następujące elementy: urządzenia pokładowe OBU, dwie bramki kontrolne, laboratoryjny model krajowej centrali automatycznego poboru opłat KCAPO. OBU automatycznie nalicza opłatę (myto), biorąc pod uwagę kategorię pojazdu (dmc, liczbę osi), klasę emisji spalin oraz przejechany odcinek drogi. OBU jest wyposażone w moduł GPS, GSM oraz DSRC, co zapewnia mu interoperacyjność z innymi systemami EETS w państwach członkowskich UE. System spełnia wymagania dyrektywy 2004/52/EC oraz decyzji KE. System KSAPO rozpoznał wszystkie cztery testowane urządzenia Tripon EU typu GPS/GSM, ponadto francuskie urządzenie OBU – Passango typu DSRC (5,8 GHz) oraz niemieckie Toll Collect (GPS/GSM/IR). Świadczy to o tym, że system KSAPO jest interoperacyjny, może współpracować zarówno z systemami typu DSRC, jak i GPS/GSM, które aktualnie stosowane są w UE. Skuteczność automatycznego wykrywania tablic rejestracyjnych wyniosła 99,9 %. Wskaźnik PDOP wyniósł 91% wartości idealnych (poniżej 1) oraz 8 % znakomitych (poniżej 3). Podczas lokalizacji w systemie GPS dostępnych było od 5 do 11 satelitów, co stanowiło 99% wszystkich pomiarów.

Słowa kluczowe: Europejska usługa opłaty elektronicznej (EETS), Krajowy system automatycznego poboru opłat (KSAPO)

Wstęp

W większości państw Unii Europejskiej (Austria, Francja, Hiszpania, Portugalia, Włochy) wykorzystywane są systemy elektronicznego pobierania opłat drogowych typu DSRC**, które funkcjonują w oparciu o wydzieloną łączność radiową krótkiego zasięgu (pasmo mikrofalowe – 5,8 GHz).

Urządzenie pokładowe OBU, pracujące w systemie DSRC jest małej wielkości (paczki papierosów), mocowane jest na szybie wewnątrz pojazdu. Jednak urządzenie to jest mało „inteligentne", bardzo proste i wykonuje jedynie funkcje potwierdzania (read only), nie po-

* Instytut Transportu Samochodowego/Centrum Zarządzania i Telematyki Transportu, gabriel.nowacki@its.waw.pl

** EN 12253:2004 Dedicated Short-Range Communication – Physical layer using microwave at 5.8 GHz (review)DSRC (Dedicated Short Range Communication) – wydzielona łączność krótkiego zasięgu, przeznaczona dla przemysłu motoryzacyjnego i odpowiadająca określonym standardom. Currently its main use in Europe and Japan is in . DSRC systems in Europe, Japan and US are not, at present, compatible.EN 12253. DSRC – warstwa fizyczna za pomocą mikrofal 5.8 GHz. EN 12795:2002 Dedicated Short-Range Commu

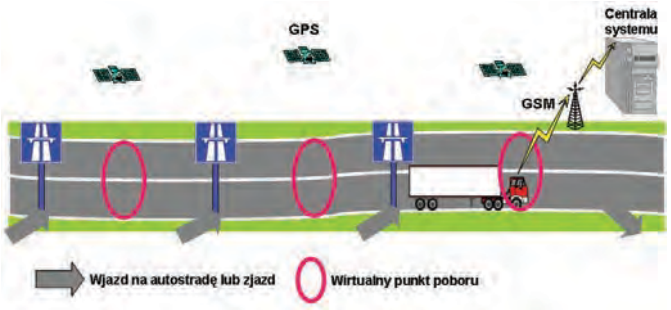
siada wyświetlacza, nie może odbierać ani przekazywać żadnych wiadomości. W systemie DSRC wymagana jest rozbudowa infrastruktury drogowej, na każdym skrzyżowaniu, przy wjazdach na odcinki dróg płatnych lub zjazdach muszą być zamontowane bramki (rys. 1).

W systemie DSRC występują dwa rodzaje bramek: do łączności (Toll Gate) oraz kontrolne, dlatego ich liczba jest dziesięciokrotnie większa niż w systemie GPS/GSM.

Ponadto transmisja danych odbywa się przy wykorzystaniu łączności przewodowej, a następnie może odbywać się przez Internet. Nawet w przypadku systemu DSRC, gdzie dostawcą jest firma Kapsch, każde państwo posiada inny typ urządzenie pokładowego OBU.

Innym rozwiązaniem są systemy wykorzystujące technologię telefonii komórkowej GSM oraz pozycjonowania satelitarnego GPS (rys. 2).

Rys. 1. Struktura systemu elektronicznego pobierania opłat typu DSRC [1]



Rys. 2. System typu GPS/GSM

nication (DSRC) – DSRC Data link layer: Medium Access and Logical Link Control (review)EN 12795 – warstwa łącza danych. EN 12834:2002 Dedicated Short-Range Communication – Application layer (review) EN 12834. – warstwa aplikacji. EN 13372:2004 Dedicated Short-Range Communication (DSRC) – DSRC profiles for RTTT applications (review)EN 13372 – profile aplikacji. EN ISO 14906:2004 Electronic Fee Collection – Application interfaceEN ISO 14906 – elektroniczny system pobierania opłat – interfejs aplikacji. Obecnie główne zastosowanie DSRC odnosi się do systemów elektronicznego pobierania opłat drogowych, główne w Europie, Japonii i Stanach Zjednoczonych.

W systemie tym, dzięki pozycjonowaniu satelitarnemu GPS organizowane są wirtualne punkty kontroli i poboru opłat, system może działać bez wykorzystania bram kontrolnych. Dane do centrali systemu przekazywane są bezpośrednio z OBU, przy wykorzystaniu łączności GSM.

Zdaniem Komisji Europejskiej systemy elektronicznego pobierania opłat drogowych, stosowane w państwach Unii Europejskiej, nie są interoperacyjne z następujących powodów: różnic w koncepcjach pobierania opłat drogowych, standardów technologicznych, klasyfikacji stawek opłat, niezgodności w zakresie interpretacji przepisów prawnych (rys. 3).

Rys. 3. Urządzenia pokładowe OBU aktualnie stosowane w pojeździe [4]

Komisja Europejska podjęła dwa milowe kroki w tym zakresie. Pierwszym była dyrektywa 2004/52/EC z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie interoperacyjności systemów elektronicznych opłat drogowych we Wspólnocie [2]. Drugim decyzja KE z dnia 6 października 2009 roku, w sprawie definicji europejskiej usługi opłaty elektronicznej (EETS) oraz architektury systemu [3].

Europejska usługa opłaty elektronicznej ma być dostępna od 1 stycznia 2013 roku dla wszystkich pojazdów o masie powyżej 3,5 tony lub pojazdów przewożących ponad 9 osób łącznie z kierowcą. Usługa ta będzie dostępna dla pozostałych pojazdów od stycznia 2015 roku.

KE dąży do zapewnienia interoperacyjności elektronicznego pobierania opłat, która ma polegać na tym, że użytkownik, zawierający umowę z pojedynczym dostawcą EETS, powinien mieć możliwość dokonywania opłat drogowych na wszystkich obszarach EETS, w ramach europejskiej sieci drogowej, za pomocą jednego urządzenia pokładowego OBU.

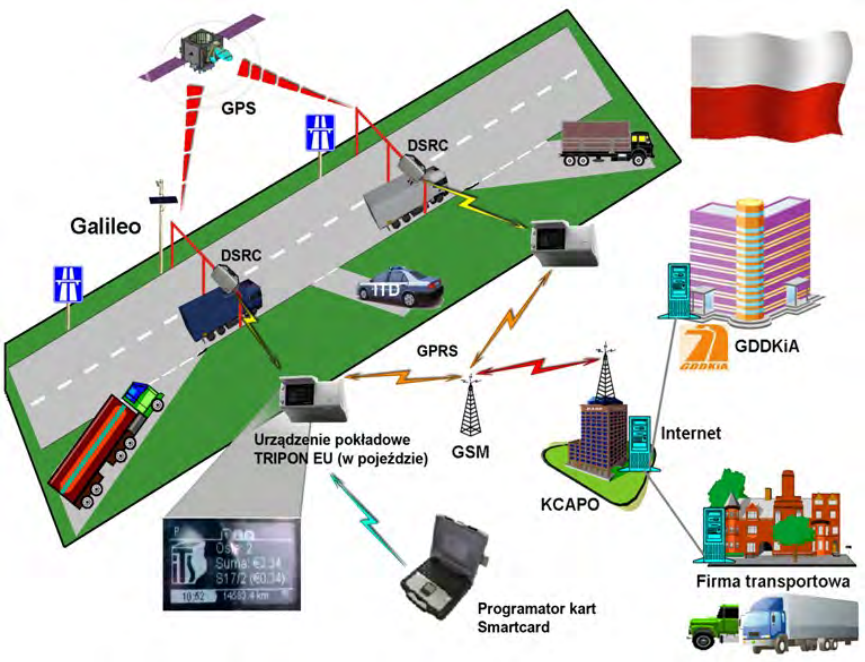
Najlepszym uniwersalnym rozwiązaniem w UE w zaistniałej sytuacji, jest wdrożenie systemu hybrydowego (DSRC, GSM, GPS), w Czechach aktualnie trwają prace nad takim systemem, projekt pilotażowy KSAPO jest takim rozwiązaniem.

1. Struktura funkcjonalna KSAPO

Zespół badawczy określił strukturę funkcjonalną KSAPO (rys. 4), w skład której wchodzą następujące elementy:

– „inteligentne" urządzenia pokładowe o nazwie TRIPON – EU, które zostały zainstalowane w czterech pojazdach testowych,
– system instalowania OBU z użyciem karty chipowej,
– dwie bramki kontrolne (z modemem DSRC i systemem wizyjnym pobierania opłat drogowych),
– laboratoryjny model krajowej centrali automatycznego poboru opłat KCAPO,
– serwer proxy do wymiany danych między centralą system a OBU poprzez GPRS,
– centrum sterowania OBU pozwalające na zarządzanie OBU i wykonywanie analiz danych dotyczących poboru opłat,
– narzędzia analityczne dla DSRC, analizy obrazów i klasyfikacji pojazdów.

Architektura systemu jest zgodna z Dyrektywą 2004/52/EC oraz decyzją KE z dnia 6 października 2009 roku, standardami CE oraz ISO.



Rys. 4. Architektura Krajowego Systemu Automatycznego Poboru Opłat

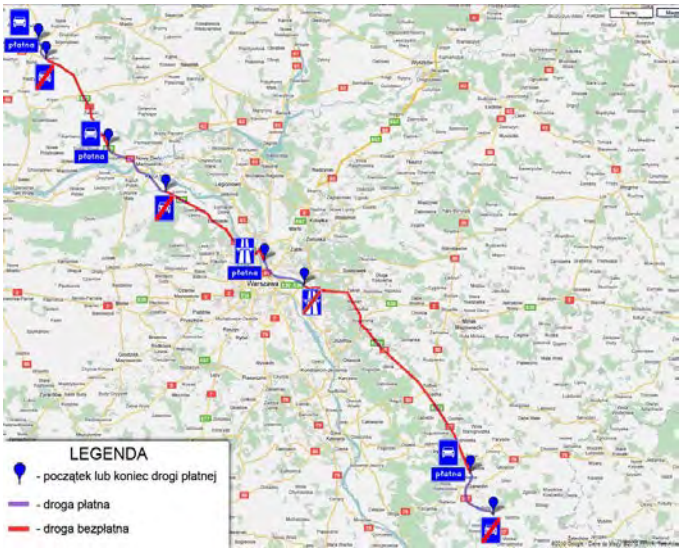
2. Testy projektu pilotażowego

Testy działania KSAPO (rys. 5) przeprowadził zespół badawczy w składzie: Instytut Transportu Samochodowego (Gabriel Nowacki, Anna Niedzicka, Ewa Smoczyńska), FELA Management AG (Thomas Kallweit), Autoguard SA (Krzysztof Pusłowski). Testy na drogach prowadzone były w lipcu i sierpniu, natomiast rejestrację przejeżdżających pojazdów przez bramki kontrolne prowadzono od 1 lipca do 30 listopada 2010 r.

Rys. 5. Zespół badawczy i elementy systemu

Do celów testowych do bazy danych dodano cztery pojazdy: Volkswagen Golf – pojazd badawczy Autoguard, nr rej. WF 93311, Fiat Ducato, pojazd Autoguard SA, nr rej. WF 4244E, waga całkowita 1 968 kg, liczba osi –2, Volkswagen Crafter, pojazd Autoguard SA, nr rej. WF 1831E, waga całkowita 3 508 kg, liczba osi – 2, Volkswagen Transporter, pojazd badawczy ITS, nr rej. WH 15904, w systemie zadeklarowano następujące dane: dopuszczalna masa całkowita 12 500 kg, liczb osi – 2.

Z kilku zaproponowanych wariantów tras testowych wybrano trasę Płońsk – Garwolin, Garwolin – Płońsk, jako najbardziej zróżnicowaną, tj. pozwalającą na sprawdzenie największej liczby elementów systemu, zawierającą w bezpośrednim sąsiedztwie bramy kontrolne oraz pozwalającą na wykorzystanie aż trzech rzeczywistych fragmentów dróg ekspresowych (rys. 6).



Rys. 6. Trasa testowa Płońsk – Garwolin, Garwolin – Płońsk

Trasa testowa obejmowała:

- dwa fragmenty drogi ekspresowej S7 (wschodnia obwodnica Płońska (odcinek 4,7 km, oddany do użytku 3 czerwca 2009 roku, zachodnia obwodnica Nowego dworu mazowieckiego (odcinek 14,6 km, Zakroczym – Ostrzykowizna – Czosnów),
- jeden fragment drogi ekspresowej S17 (obwodnica Garwolina o długości 12,8 km z dwoma jezdniami (każda z dwoma pasami i 2,5-metrowym pasem awaryjnym oraz 4-metrowym pasem rozdzielającym, otwarta 26 września 2007 roku),
- fragmenty drogi krajowej 61 i 637.

Wybrane segmenty systemu przedstawiono na rysunku 7 i 8.

Rys. 7. Segment – obwodnica Płońska, kierunek północny (rzeczywisty fragment drogi ekspresowej S7)

Rys. 8. Segment –Warszawa, kierunek południowy (droga nr 637, sklasyfikowana wirtualnie jako autostrada płatna), brama kontroli na terenie firmy AutoGuard

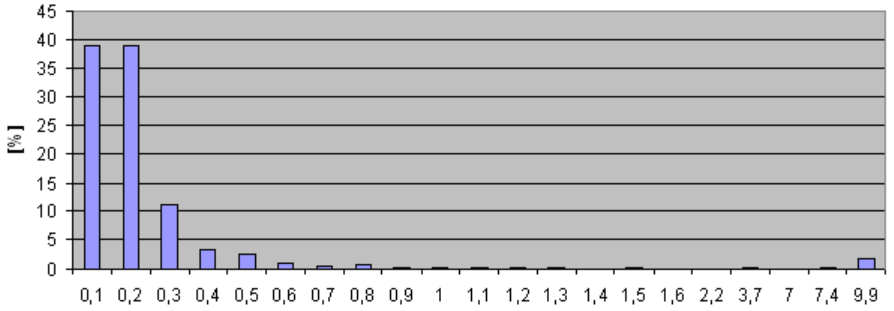
Na podstawie zarejestrowanych danych, przesyłanych przez pojazd w postaci komunikatów, możliwe było dokładne odtworzenie trasy przejazdu pojazdu z urządzeniem OBU.

Jednym z istotniejszych parametrów określającym dokładność pomiaru i przesyłanym w komunikatach lokalizacyjnych jest PDOP (Position Dilution of Precision) – defekt precyzji wyznaczenia pozycji. PDOP to współczynnik opisujący stosunek między błędem pozycji użytkownika a błędem pozycji satelity.

Wartość któregoś z parametrów równa 0 oznacza, że w danej chwili pomiar pozycji jest niemożliwy ze względu na zakłócenia, słaby sygnał z satelitów, zbyt małą liczbę widocznych satelitów itp. Im mniejsza jest wartość tego parametru (ale większa od zera) tym pomiar jest dokładniejszy. Przyjmuje się następujące umowne opisy jakości sygnału w zależności od wartości PDOP: 1 (idealny), 2 – 3 (znakomity), 4 – 6 (dobry), 7 – 8 (umiarkowany), 9 – 20 (słaby), > 20 (zły).

Poniższy wykres przedstawia rozkład parametru PDOP uzyskanego w testach (rys. 9). Na osi poziomej (X) znajdują się wartości parametru PDOP. Na osi pionowej (Y) jest ilość pomiarów (w procentach) podczas których uzyskano daną wartości PDOP.

Na potrzeby systemu KASPO przyjęto, że odbiornik GPS w OBU powinien śledzić 5 satelitów, a współczynnik PDOP powinien zawierać się od 1 do 6, dla większej dokładności obliczeń i na wypadek utraty sygnału od jednego z nich.

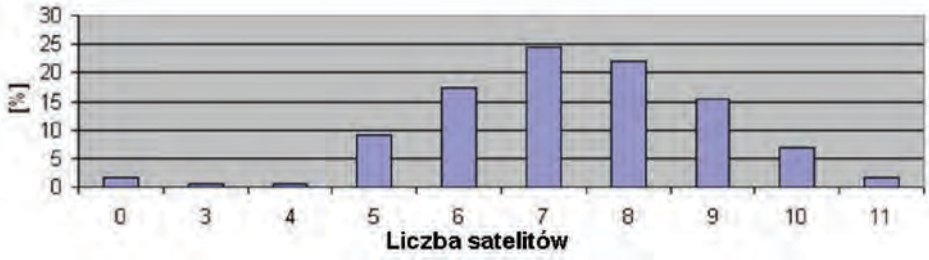


Rys. 9. Rozkład PDOP dla wszystkich OBU

Statystyki zostały wykonane dla 4627 pomiarów pozycji. Z przedstawionego wykresu (rys. 9) wynika, że testowane OBU miały odpowiednio: 91% wartości idealnych (poniżej 1) oraz odpowiednio 8% wartości znakomitych (poniżej 3), co świadczy o tym, że uzyskano znacznie lepsze wyniki niż zakładano.

Ponadto przyjęto, aby liczba dostępnych satelitów do lokalizacji, w 90% przypadków, wynosiła minimum 5. Z danych statystycznych wynika (rys. 10), że liczba dostępnych minimum pięciu satelitów w trakcie prowadzenia testów wyniosła aż 99% (5 – 10%, 6 – 17%, 7 – 25%, 8 – 22%,9 – 16%, 10 – 7%, 11 – 2%).

W ramach projektu przygotowano dwie bramki DSRC z systemem wizyjnym pobierania opłat. Umożliwiło to m.in. testowanie następujących funkcji: działanie mikrofalowych urządzeń DSRC, działanie systemu wizyjnego ANPR (automatyczne rozpoznawanie tablic rejestracyjnych).



Rys. 10. Liczba satelitów GPS wykorzystanych do pomiaru lokalizacji

Od 1 lipca do 30 listopada 2010 roku w bazie danych systemu zostało zarejestrowanych 2964 pojazdy, które przejechały przez bramki kontrolne. Nie wszystkie pojazdy były wyposażone w OBU.

Podczas testów na bramce ITS Demo oraz Autoguard Demo przy wykorzystaniu systemu DSRC zidentyfikowano 24-krotny przejazd pojazdów testowych. Podczas testów na bramce ITS Demo wykonano 667 fotografii przejeżdżających pojazdów (rys. 11).

Podczas testów na bramce Autoguard Demo wykonano 2297 fotografii przejeżdżających pojazdów. Przykładowe zdjęcie pojazdu przedstawiono na rysunku 12.

Pojazd został całkowicie zidentyfikowany w systemie, jako jego użytkownik, dane kontekstowe (ANPR oraz DSRC) były zgodne.

Rys. 11. Zdjęcie pojazdu badawczego ITS, nr rejestracyjny WH 15904, wykonane 15.07.2010, godz. 07.22:26, dokładność – 0.960
Legenda: Data (ANPR): 15.07.2010, 07:22:25; Nr rej. (ANPR): WH 15904; ID bramki: 2; Nazwa bramki: ITS Demo; Data (DSRC): 15.07.2010, godz. 07:22:26; Kod kraju: CH; Nr rej. (DSRC): WH 15904; Dane kontekstowe: WH 15904; OBU ID: 340825; Pojazd ID: 123456; Klasa emisji: 1; Kategoria pojazdu (wymiary): 1; Waga pojazdu: 12 500 kg; Waga całkowita: 12 500 kg; Liczba osi: 2; Środek płatności – 340825

Rys. 12. Zdjęcie pojazdu nr rej. WWY 07512, wykonane 28.09.2010, g. 09.25:53, dokładność – 0.980
Legenda: Data (ANPR): 28.09.2010 09:25:53; Nr rej. (ANPR): WWY 07512; Dokładność: 0.980; ID bramki: 3; Nazwa bramki: Autoguard Demo; Data (DSRC): 28.09.2010 09:25:54; Kod kraju: F (Francja), D (Niemcy); Nr rej (DSRC): WWY 07512; Dane kontekstowe: WWY 07512; ID OB: 1103467888; ID pojazdu: 2147483647; Klasa emisji: 1; Kategoria pojazdu: 1; Waga pojazdu: 18000; Waga całkowita: 40000; Liczba osi: 5; Środek płatności: 2147483647

Wszystkie segmenty podczas testów zostały rozpoznane właściwie przez urządzenia pokładowe, nie odnotowano żadnych problemów w tym zakresie. Każdy segment składał się z trzech punktów, aby dany odcinek został zaliczony, wszystkie trzy segmenty musiały zostać wykryte przez OBU. Taka sytuacja powoduję, że kierowcy którzy będą przecinać drogi płatne, lub korzystać tylko z przejazdów, nie zostaną zarejestrowani w systemie.

3. Wnioski

Przyjęta struktura systemu KSAPO jest zgodna z dyrektywą 2004/52/WE, decyzją KE z dnia 6 października 2009 oraz standardami Wspólnotowymi.

System KSAPO rozpoznał wszystkie cztery testowane urządzenia Tripon EU typu GPS/GSM, francuskie urządzenie OBU – Passango typu DSRC (5,8 GHz) oraz niemieckie Toll Collect (GPS/GSM/IR). Świadczy to o tym, że system KSAPO jest interoperacyjny, może współpracować zarówno z systemami typu DSRC, jak i GPS/GSM, które aktualnie stosowane są w UE.

Przeprowadzone testy pozwoliły wyciągnąć wiele pozytywnych wniosków. Proponowane przez ITS, AutoGuard oraz firmę FELA rozwiązanie spełnia warunki systemu hybrydowego.

Skuteczność rozpoznawania pojazdów (ANPR oraz DSRC) wyniosła 99,9%. Dane PDOP wyniosły 91% wartości idealnych (poniżej 1) oraz i 8 % znakomitych (poniżej 3). Podczas lokalizacji w systemie GPS dostępnych było od 5 do 11 satelitów, co stanowiło 99% wszystkich pomiarów.

Testowany system okazał się bardzo elastyczny. Może być stosowany dla praktycznie każdej kategorii dróg (ekspresowe, krajowe) oraz każdego rodzaju pojazdów. Istnieje możliwość definiowania opłat drogowych, przy pomocy narzędzi „wirtualnych". Oznacza to łatwą i szybką zdolność adoptowania zmian parametrów opłat drogowych (klasyfikacja dróg, typy pojazdów, klasy emisji spalin, naliczanie czasowe – godziny szczytu, inna pora dnia, niedziele i święta). Istotną zaletą systemów nowej generacji GPS/GSM jest mała liczba bramek kontrolnych. System pracuje bez dodatkowych punktów kontrolnych i innych elementów infrastruktury budowanych wzdłuż dróg. Kolejnym atutem jest możliwość wsparcia innych systemów, służb i usług transportowych, wykorzystujących podobną platformę technologiczną.

Literatura

1. Černý K.: Electronic toll collection in the Czech Republic. International Conference, Sofia (Bulgaria), 17.9.2008.
2. Decyzja Komisji z dnia 6 października 2009 r. w sprawie definicji europejskiej usługi opłaty elektronicznej oraz jej elementów technicznych. Dz. U. UE. L.09.268.11.
3. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/52/WE z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie interoperacyjności systemów elektronicznych opłat drogowych we Wspólnocie. Dz. Urz. UE, L 166, 30.04.2004.
4. Kossak A.: Implemented and Envisaged Road Toll Policies in the Central-Eastern-European Countries. Seminarium – PIARC TC A.3. Budapeszt, 6-7 maja, 2009.

INTEROPERABILITY OF NATIONAL AUTOMATIC TOLL COLLECTION SYSTEM – NATCS

Summary. The paper presents selected issues concerning the implementation of European Electronic Tolling Service EETS in Poland. The Motor Transport Institute conducted tests of the pilot project – the functional structure of the National Automatic Toll Collection System (NATCS). The system includes the following elements: two on-board intelligent devices OBU, two control gates, laboratory model of National Automatic Toll Collection Centre (NATCC). OBU automatically charges a fee (toll), taking into account the category of vehicle (admissible mass, the number of axes), the category of emissions, and distance of road travelled. OBU is equipped with GPS, GSM and DSRC modules, which ensures its interoperability with other EETS systems in EU Member States. The system meets the requirements of Directive 2004/52/EC and the EC Decision. System has recognized not only four OBU Tripon – EU but also OBU from Toll Collect (Germany) and Passango from France which approved interoperability among EU. The system is reliable, its effectiveness of Automatic Number Plate Recognition **(**ANPR) was 99,9%. PDOP was 91% of value wartości idealnych (poniżej 1) oraz i 8 % znakomitych (poniżej 3). Tests results showed that in the case of 99% of measurements at least 5 satellites were used for the purpose of location. The test showed that 91% of the PDOP measurements were lower than 1, and 8% had value from 1 to 3.

Key words: European Electronic Tolling Service (EETS), National Automatic Toll Collection System (NATCS)

Józef Stokłosa[*], Grzegorz Koszałka[**], Leszek Gil[*]

ANALIZA SIŁ W ELEMENTACH MOCUJĄCYCH ŁADUNKI NA POJAZDACH SAMOCHODOWYCH

Streszczenie. Zabezpieczenie ładunku w czasie transportu sprowadza się do zrównoważenia sił bezwładności działających na ładunek w czasie przemieszczania się pojazdu, powstających w czasie przyspieszania, hamowania, pokonywania zakrętów, wykonywania manewrów wyprzedzania itp. Siły tarcia występujące pomiędzy powierzchnią podłogi części ładunkowej pojazdu i ładunkiem są niewystarczające do tego, aby ładunek nie uległ przesunięciu. Ruchy pionowe podczas jazdy spowodowane przez wyboje i drgania pochodzące od nawierzchni drogi zmniejszają siłę oporu wynikającą z tarcia. Do mocowania ładunków na pojazdach stosuje się elastyczne elementy, takie jak: taśmy, liny, łańcuchy wyposażone w urządzenia mechaniczne (zapadki, klamry, napinacze) wywołujące i utrzymujące siłę rozciągającą w zestawach do utwierdzania ładunków. Kierowca odpowiedzialny za zabezpieczenie ładunku w czasie transportu powinien dobrać odpowiednią liczbę odciągów mocujących przyjmując za podstawę decyzji ciężar i gabaryty ładunku, sposób mocowania, rodzaj i parametry wytrzymałościowe elementów mocujących. Norma PN-EN 12195-1 podaje wzory do wyznaczenia liczby elementów mocujących, z których powinny korzystać osoby odpowiedzialne za mocowanie ładunków. Punkty mocowania na konstrukcji nośnej pojazdu zgodnie z normą EN 12640 dla pojazdów o DMC powyżej 12 ton powinny wytrzymać siłę rozciągająca 2000 daN (norma EN12640 zaleca jednak 4000 daN). W artykule poddano analizie wytrzymałościowej elementy mocujące ładunki, w różnych skrajnych sytuacjach występujących w procesie przewozowym, aby stwierdzić, czy dobór liczby i rodzajów elementów mocujących na podstawie norm oraz wytycznych zabezpiecza w sposób pewny przewożony ładunek.

Słowa kluczowe: mocowanie ładunku, transport drogowy, bezpieczeństwo w transporcie, elastyczne elementy mocujące

Mocowanie ładunków w transporcie drogowym – regulacje prawne

Podstawowym polskim aktem prawnym regulującym sposób umieszczenia ładunku na pojeździe oraz jego zamocowania jest: Prawo o Ruchu Drogowym. Artykuł 61 podaje [1]:
ładunek nie może powodować przekroczenia dopuszczalnej masy całkowitej lub dopuszczalnej ładowności pojazdu,

1. ładunek na pojeździe umieszcza się w taki sposób, aby:
– nie powodował przekroczenia dopuszczalnych nacisków osi pojazdu na drogę;
– nie naruszał stateczności pojazdu;
– nie utrudniał kierowania pojazdem;

* Wydział Transportu i Informatyki, Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji, stoklosa.j@gmail.com
** Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska

2. ładunek umieszczony na pojeździe powinien być zabezpieczony przed zmianą położenia lub wywoływaniem nadmiernego hałasu, nie może on mieć odrażającego wyglądu lub odrażającej woni,
3. urządzenia służące do mocowania ładunku powinny być zabezpieczone przed rozluźnieniem się, swobodnym zwisaniem lub spadnięciem podczas jazdy,
4. ładunek sypki może być umieszczony tylko w szczelnej skrzyni ładunkowej, zabezpieczonej dodatkowo odpowiednimi zasłonami uniemożliwiającymi wysypanie się ładunku na drogę.

Od 2004 r. obowiązuje w Polsce norma PN-EN 12195 regulująca metody i sposoby zabezpieczenia ładunku w transporcie drogowym [4]. Zobowiązuje ona przewoźników, kierowców oraz inne osoby odpowiedzialne za bezpieczeństwo w transporcie drogowym, do zamocowania ładunków na pojeździe za pomocą elastycznych elementów mocujących (takich jak pasy, łańcuchy, liny), mat zwiększających tarcie pomiędzy ładunkiem i powierzchnią skrzyni ładunkowej, klinów, itp. w celu zrównoważenia sił bezwładności działających na przewożony ładunek powstających w czasie przyspieszania, hamowania (w tym awaryjnego hamowania), pokonywania zakrętów, wykonywania manewrów wyprzedzania.

Norma PN-EN 12195 jest normą arkuszową, składającą się z czterech arkuszy [2]:

– Arkusz 1: Omawia zasady obliczeń sił mocujących ładunek;
– Arkusz 2: Omawia budowę i wymagania wytrzymałościowe pasów mocujących ładunki;
– Arkusz 3: Omawia budowę i wymagania wytrzymałościowe odciągów łańcuchowych;
– Arkusz 4: Omawia budowę, zakończenie i wymagania wytrzymałościowe stalowych lin mocujących.

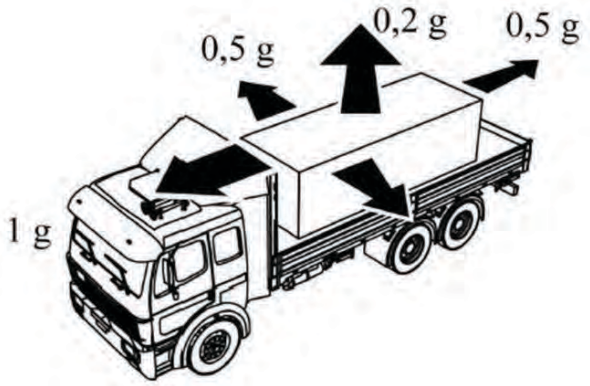
Ustawodawca określił w normie PN-EN12195-1 wzory matematyczne służące do doboru liczby i zdolności mocujących elementów służących do zabezpieczenia ładunku na pojeździe w oparciu o maksymalne przyspieszenia działające na ładunek w czasie jazdy.

Maksymalne przyspieszenie działające na ładunek w czasie jazdy samochodu określone jest iloczynem przyspieszenia g oraz współczynnikiem przyspieszenia c przyjętym w normie [4] (tab.1).

Tabela 1. Wartości współczynnika przyspieszenia w zależności od kierunku działania sił bezwładności [4]

Kierunek działania sił	Wartość współczynnika przyspieszenia c
w kierunku wzdłużnym zgodnie z ruchem pojazdu powstające w czasie hamowania	1,0
w kierunku wzdłużnym przeciwnie do ruchu pojazdu powstające w czasie przyspieszania	0,5
w kierunku poprzecznym powstające w ruchu krzywoliniowym	0,5
w kierunku pionowym powstające w czasie jazdy po nierównościach	0,2

W rezultacie przyjmuje się, że największe przyspieszenia działają na ładunek w kierunku wzdłużnym i zgodnie z normą wartość tego przyspieszenia należy przyjąć równą 1 g. (rys.1).



Rys. 1. Przyspieszenia działające na ładunek przewożony transportem drogowym, które należy uwzględnić przy zabezpieczeniu ładunku [2]

Praktyka eksploatacyjna pokazuje jednak, że osoby odpowiedzialne za zabezpieczenie ładunku w transporcie drogowym dobierają liczbę, rodzaj elementów służących do kotwiczenia ładunku oraz zdolność mocowania (największa siła dla której element mocujący może zostać użyty) w oparciu o własne doświadczenie i intuicję [5, 11]. Użycie wzorów matematycznych podanych w normie PN-EN 12195-1 jest, z punktu widzenia kierowców, przewoźników, niepraktyczne. Częściej korzystają z tabel podanych na portalach internetowych, bądź w poradnikach [5, 6, 10].

Takie podejście do problemu zabezpieczenia ładunku może doprowadzić do sytuacji, w której źle lub słabo zabezpieczony ładunek stanowi zagrożenie bezpieczeństwa w ruchu drogowym (rys. 2).

Rys. 2. Beztroska kierowcy przewożącego niezabezpieczony ładunek [3]

Norma PN-EN 12195 oparta jest w dużej mierze na branżowych przepisach niemieckich VDI 2700, VDI 2701 i VDI 2702 zobowiązujących wszystkich kierowców i przewoźników

drogowych (również obcokrajowców) do zabezpieczenia ładunku przewożonego transportem drogowym na terenie Niemiec.

Norma VDI 2700 [7] objaśnia podstawowe siły działające na ładunek, prawidłowe jego rozmieszczenie oraz praktyczny sposób zainstalowania urządzeń mocujących. Norma VDI 2701 [8] odnosi się do urządzeń mocujących ładunek, a norma VDI 2702 [9] pokazuje sposób obliczeń sił potrzebnych do prawidłowego zamocowania przewożonego ładunku. W stosunku do normy PN-EN 12195, normy VDI są bardziej rozbudowane o konkretne przykłady i rysunki pokazujące jak dany rodzaj ładunku należy prawidłowo zabezpieczyć, np. przewożone samochody, duże tafle szkła, stalowe rury, itp.

Dobrym przykładem praktycznego podejścia do problematyki mocowania ładunków w transporcie drogowym są wytyczne opracowane na zlecenie Komisji Europejskiej, Dyrekcji Generalnej ds. Energii i Transportu. odnośnie europejskiej dobrej praktyki w zakresie mocowania ładunków w transporcie drogowym [11]. Wytyczne zostały przetłumaczone na wszystkie języki państw członków UE i są dostępne bezpłatnie na portalu Dyrekcji generalnej ds. Energii i Transportu.

1. Analiza sił w elementach mocujących ładunki

W celu sprawdzenia, czy podane w poradnikach zestawienia tabelaryczne służące do doboru elementów mocujących ładunek na pojeździe uwzględniają również sytuacje skrajne opisane w normie PN-EN 12195-1, czyli maksymalne opisane na rys.1 przeprowadzono badania symulacyjne.

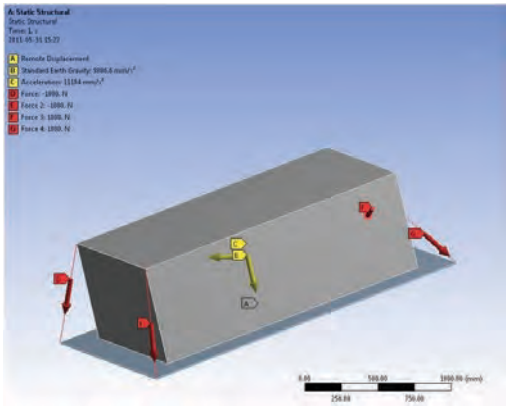
Do wyznaczenie sił w elementach mocujących ładunki wykorzystano oprogramowanie Ansys w wersji 13. Analizie poddano trzy sytuacje, w których mogą wystąpić skrajnie niekorzystne warunki, a mianowicie:

1. intensywne hamowanie pojazdu przy jeździe na wprost, aby sprawdzić, czy dobrane na podstawie tabel zawartych w normie [4] oraz poradnikach [5, 6] elementy mocujące wytrzymują siły,
2. intensywne hamowanie na łuku drogi – na umieszczony na pojeździe ładunek działają siły bezwładności zarówno w kierunku jazdy jak również w kierunku bocznym na zewnątrz łuku,
3. intensywne hamowanie pojazdu przy jeździe na wprost po nierównej nawierzchni – drgania pojazdu powodują zmniejszenie siły dociskającej ładunek do podłoża ładowni, a tym samym zmniejszenie siły tarcia pomiędzy ładunkiem i powierzchnią ładowni.

Na platformie ładunkowej umieszczono metalową skrzynię o masie 10000 kg. Ładunek zabezpieczono za pomocą elastycznych elementów mocujących metodą kotwiczenia. Powierzchnia platformy ładunkowej wykonana jest z malowanej blachy stalowej. Na podstawie tabeli współczynników tarcia przyjęto do obliczeń symulacyjnych współczynnik tarcia dynamicznego $\mu = 0{,}21$ [5]. Każdy z elementów mocujących został naprężony siłą 1000 N.

Rys. 3 przedstawia przyspieszenia i ich kierunki oraz siły napinające elementy mocujące. Symulacja warunków awaryjnego hamowania w ruchu prostoliniowym z przyspieszeniem

1g pokazała, że w elementach 1 i 2 mocujących ładunek z tyłu pojazdu wyznaczone siły nie przekraczają zdolności mocowania podanych w omawianych wyżej poradnikach.

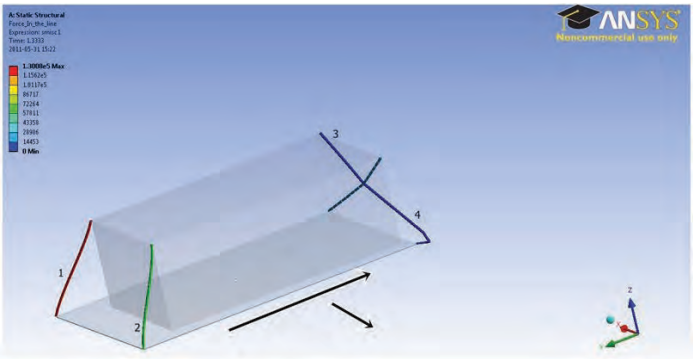


Rys. 3. Wartości i kierunki działania sił oraz przyspieszeń na ładunek umieszczony na platformie

Siły występujące w elementach mocujących otrzymane z obliczeń symulacyjnych zestawiono w tabeli 2. W sytuacji pierwszej zdolności mocowania dobranych z poradników elementów mocujących w pełni zabezpieczają ładunek przed przesunięciem. Ładunek może tylko ulec niewielkiemu przemieszczeniu w granicach sprężystości elementów mocujących. W pozostałych dwóch sytuacjach, gdy na przewożony ładunek działają dodatkowo siły boczne oraz wskutek drgań spowodowanych nierównościami drogi zmniejsza się współczynnik tarcia i powstające w elementach mocujących siły znacznie przewyższają możliwości wytrzymałościowe dobranych z tabel mocowań. Maksymalna siła występuje w elemencie nr 1 (rys. 4), gdy na ładunek działają bezwładności w kierunkach pokazanych na rys.4 strzałkami.

Tabela 2. Porównanie wyników badań symulacyjnych sił powstających w elementach mocujących ładunki

Analizowane sytuacje	**Zdolności mocowania dla 4 elementów mocujących dobrane na podstawie poradników [4, 6, 10, 11]**	**Maksymalne wartości sił w elementach mocujących otrzymane w modelu symulacyjnym**
Sytuacja 1 Przyspieszenie 1g w kierunku wzdłużnym w ruchu prostoliniowym	10 kN	9,54 kN
Sytuacja 2 Przyspieszenie 1g w kierunku wzdłużnym oraz 0,5 g w kierunku poprzecznym – ruch krzywoliniowy		13 kN
Sytuacja 3 Przyspieszenie 1g w kierunku wzdłużnym, 0,5 g w kierunku poprzecznym ruch krzywoliniowy, 0,2g w kierunku pionowym – – ruch krzywoliniowy na nierównościach drogi		13,57 kN



Rys. 4. Siły występujące w elementach mocujących w sytuacji awaryjnego hamowania na łuku drogi; największa siła występuje w elemencie nr 1 (strzałki pokazują kierunki przyspieszeń – 1g wzdłuż osi podłużnej platformy, 0,5 g w kierunku prostopadłym od osi wzdłużnej platformy)

Wnioski

Na podstawie badań symulacyjnych można stwierdzić, że elementy zabezpieczające ładunek w transporcie drogowym dobrane na podstawie poradników w pełni zabezpieczają ładunek w sytuacji działają na niego siły bezwładności z przyspieszeniem 1g. Natomiast w sytuacjach skrajnych, gdy na ładunek działają siły bezwładności w więcej niż jednym kierunku w niektórych elementach mocujących powstają siły znacznie przekraczające zdolność mocowania tych mocowań.

Zdaniem autorów niezbędną są dalsze badania przedstawionego w artykule problemu w celu przeanalizowania innych sposobów mocowań ładunków.

Literatura

1. Dz.U.z 2 czerwiec 2005r. nr 108, poz. 908, Prawo o Ruchu Drogowym z późniejszymi zmianami.
2. Karaś K.: Mocowanie ładunków w transporcie drogowym, regulacje prawne.
3. Kędzior J.: Kij w Mrowisko — czyli opowieść o roli ustawodawcy w regulowaniu procesu transportu. http://www. towary-niebezpieczne.pl.
4. PN-EN 12195-1: Zestawy do utwierdzania ładunków na pojazdach samochodowych. Bezpieczeństwo. Część I: Obliczanie sił mocowania. Zastępuje normę PN-EN 12195-1:2004.
5. Różycki M.: Vademecum mocowania ładunków w transporcie drogowym. Towary niebezpieczne. Mikołów 2008.
6. Starkowski D., Bieńczak K., Zwierzycki W.: Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy. Kompedium wiedzy praktycznej. Część 1. Systherm D. Poznań 2006.

7. VDI 2700: Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen. Maj 1990.
8. VDI 2701: Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen. Zurrmittel, Januar 1985.
9. VDI 2702: Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen. Zurrkr_fte, Maj 1990.
10. www.mocowanie.pl.
11. Wytyczne odnośnie europejskiej dobrej praktyki w zakresie mocowania ładunków w transporcie drogowym. Komisja Europejska. Dyrekcja Generalna ds. Energii i Transportu. Bruksela http://ec.europa.eu/transport/roadsafety/vehicles/best_practice_ guidelines_en.htm.

ANALYSIS OF FORCES IN ELEMENTS USED FOR FASTENING LOADS ON ROAD VEHICLES

Summary. Forces acting on lashing equipment in different traffic situations were analyzed. The aim of the analysis was to find if matching the type and number of fastening devices on the bases of existing standards and guidelines fully guarantee the safety of carried loads. Results of simulations showed that lashings for restraining cargo on a vehicle selected on the basis of instructions given in transport handbooks secure the cargo in the case of accelerations up to 1 g. However in extreme situations, when inertia force is bigger and comes from accelerations acting in various directions, forces acting on some lashings are higher then permissible. That can make a danger to safety in road transport.

Key words: fastening of loads, road transport, safety in transport, web lashing

Marcin Rychter*

FAILURE FREQUENCY OF ELEMENTS OF THE SYSTEM OF DIGITAL TACHOGRAPHS IN THE ASPECT OF LEADING DIGITAL TACHOGRAPHS OF THE SECOND GENERATION

Abstract. The paper presents main legal rules introducing the digital tachograh system main requirments which must be fulfilled by producers of digital tachographs in order to get the type approval, possibility of future requirements of digital tachograph, main functions of digital tachograph, characteristics of participant of digital tachograpfs system and their tools of the identification, acting and setting of authorize workshops in Poland and Europe Union, accessible methods of check and calibration of digital tachographs and their description, based on Commission Regulation (EC) No 1360/2002 of 13 June 2002, replacing the Annex 1B and Polish law. These paper also presents current level of implementation of digital tachograph system in Europe in light of introduction of digital tachograph second generation.

Key words: digital tachograph, driver card, workshop card, control card, company card, workshop

Introduction

The legal basis for the introduction of such system is Council Regulation (EEC) No 2135/98 of 24 September 1998 amending Regulation (EC) No 3821/85 of 20 December 1985 on recording equipment in road transport. Annex 1B of this Regulation contains the technical specification for digital tachographs.

Commission Regulation (EC) No 1360/2002 of 13 June 2002 replacing the Annex 1B is an actual detailed technical specification for digital tachographs. In accordance with new regulations the inspection system consists of the following elements:

- a digital tachograph VU (*Vehicle Unit*), recording the driver and vehicle operation performance,
- a speed sensor, supplying the vehicle unit with relevant data concerning the vehicle speed and distance travelled,
- chip (data) cards intended for recording the data and identification of the system users.

For the conformity reasons all admitted equipment must fulfil three stages of tests:

- security test – test verifying the fulfilment of all requirements concerning the security, as listed in Annex 10 to the Commission Regulation (EC) No 1360 of 13 June 2002,
- functional test – test verifying the requirements concerning the functionality of the equipment; the tests are specified in Annex 9 to the Commission Regulation (EC) No 1360/2002 of 13 June 2002,

* Motor Transport Institute, Warsaw, rychter@poczta.fm

– interoperability test – test for verifying the abilities of a considered equipment to interoperate with other equipment; such tests are performed by only one laboratory under the supervision of the European Commission (this task is given to the Joint Research Centre at Ispra); only equipment fulfilling these two tests mentioned above can be admitted to this test.

The vehicle unit of the digital tachograph ensures the following functions:

– measurement of speed – ranging from 0 to 220 km/h with accuracy of 0.1 km,
– monitoring the insertions and withdrawals of chip cards,
– displaying and recording the data on the chip cards,
– limiting the data access for various group of users,
– measurement of time,
– measurement of displacement – the equipment records a distance travelled with accuracy of 0.1 km and stores distances travelled by a vehicle of each of last 365 days,
– monitoring and recording the driver's activities,
– monitoring the inspection procedures,
– monitoring the activities carried out by the workshops,
– loading the data concerning the performance of activities: (information on a place of beginning and ending the work day, information on the driver's activities being performed before inserting a card into the tachograph),
– providing the access to the information data for the transport companies,
– warning (monitoring and recording the data concerning the infringement of regulations and recording the data by the peripheral equipment).

Digital tachograph cards

A characteristic feature of the digital tachograph is an integration of all users of the recording equipment in road transport (fig. 1). The users can be classified in four groups having different rights and obligations, namely:

Fig. 1. View of cards in digital tachograph system in Poland

- driver – while being inspected the driver is requested to present the data card and/or printouts of the current week and the last day of the preceding week if he has driven a vehicle equipped with an analogue tachograph (white card),
- control service – a personnel of the control service is equipped with a controller's data card (blue card),
- personnel of service workshops – is equipped with a workshop data card, which allows to install and adjust the settings of a given tachograph; a calibration unit is connected to the tachograph connector provided (red card),
- personnel of transport company – is equipped with a company data card, which allows to display the data intended to be used by the fleet management systems (yellow card).

Calibration of digital tachograph

The tachograph can be installed by the manufacturers of vehicles (it applies to the newly produced vehicles) or by the authorised workshops (if it had not been installed yet in a given vehicle or if its replacement could be required).

According to the Annex 1B provision no 243 the installed tachograph has to be activated before the vehicle, on which it is mounted, leaves the installation place.

Before commissioning the vehicle it is necessary to perform the calibration of the installed tachograph. The calibration process includes:

- displaying the data (in case if it is not the initial calibration),
- determining the diameter of the vehicle tyre (based on the measurement),
- determining the characteristic coefficient of the vehicle,
- determining the constant of a tachograph [imp/km],
- loading the recording equipment with data,
- preparing the identification plate and placing it on a recording equipment,
- sealing with leads.

After leaving the authorised workshop the vehicle equipped with a calibrated tachograph can be used. Every two years the vehicle-tachograph set must be subjected to an inspection in the authorised workshop and to the re-calibration procedure afterwards.

The tachograph can be also sold and reused in another vehicle. Such operation requires dismounting the tachograph from the vehicle by a recognised workshop. Next the tachograph is installed in another vehicle and after a new calibration performed the vehicle can be put in operation.

After a time specified by the manufacturer the tachograph is dismounted from the vehicle by the recognised workshop and withdrawn from the exploitation.

Running of authorized workshops

Since the installation of the recording equipment in the vehicle up to a moment of its commissioning some actions must be done which result in the introduction of a new vehicle-

tachograph set to an European digital system. According to the provisions of the European regulations (Council Regulations (EEC) Nos. 3820/85, 3821/85, 2135/85, and Commission Regulation (EC) No 1360 with Annexes) every digital tachograph before entering the system is subjected to the activation and calibration procedures. Moreover, the installed and activated vehicle-tachograph set must be periodically checked regarding its conformity with the metrological needs specified in the relevant regulations (Annex 1B to the Commission Regulation (EC) No 1360/2002). It can happen that during the operation of the recording equipment a necessity of repair or replacement, and, in an extreme case, even withdrawal of its damaged elements occurs. For these reasons a network of the professional workshops is needed, which will provide a satisfactory basis for the digital tachograph servicing.

The authorised tachograph workshop is an organizational unit approved and certified by the Member State, authorised for performing the procedures and functions as follows:

- installation of the recording equipment and its activation,
- tests of the recording equipment;
- inspection of the recording equipment;
- displaying the information data (stored data of the vehicle unit);
- withdrawal of the recording equipment elements.

A basic duty of the authorised workshop is to guarantee that every vehicle-tachograph set leaving such workshop could meet the requirements specified in the Regulation (EC) No 3821/85 of 1985. According to the Annex 1B of the Commission Regulation (EC) No 1360/2002) of 2002 an installation process is defined as an assembling the recording equipment (a vehicle unit and speed sensor with a necessary cables in the vehicle.

In reality the installation procedure consists of five stages:

- a preliminary inspection of the recording equipment,
- assembling the recording equipment,
- loading the vehicle unit memory with given values of the calibration information parameters,
- sealing with leads the places of the speed sensor installation,
- assembling the installation plate (plaque).

The preliminary inspection of the recording equipment includes:

- avisual inspection – aims at a detection of any possible mechanical defects and checks a completeness of the delivered equipment according to the manufacturer's specification,
- verifying the indication errors: concerning the distance travelled, speed value and time measurement.

In case of the digital tachograph, in comparision to analogue one, the recording errors for: a length of distance travelled, speed and duration of driving time are not subject to verification. The brand new recording equipment is delivered to the manufacturers of vehicles authorised for servicing the inactive digital tachographs. It means that all parameters have default values. For that reason a person installing the recording equipment is obliged to perform a preliminary calibration of the tachograph – i.e. to enter the setting values and the vehicle identification data. In case these parameter values are not determined (*available*), the chain type parameters will be marked with „?", and the numerical ones with „0".

The installation is the only action when the setting the calibration data without the necessity of using the workshop data card is possible.

After completing the operations necessary for assembling the recording equipment, all connections, breaking of which can cause an undetectable interruptions in recording or data loss, should be sealed with leads.

The last stage of the tachograph installation is documenting the results, i.e. printing and assembling the so called descriptive plaque. The installation plaque must be also sealed with leads unless it is placed in a way making its removal without visible traces impossible.

The tachograph installed in the vehicle should be subject to the activation procedure before leaving the place of installation. The activation of the digital tachograph is a set of actions (operations) resulting in:

– readiness of the recording equipment for operation (i.e. recording the driver's work time performance);the functions for recording and storing the data are being activated;
– activating the tachograph safety functions.

The tachograph activation is automatically performed by the first insertion of the valid workshop data card into the card reader and entering the correct PIN code. During the activation process the matching the speed sensor and vehicle unit occurs. All actions relating to the activation procedure should be carefully performed as repeated use of an incorrect PIN can result in a permanent interlock of the workshop data card.

The measuring stand for determining the characteristic coefficient of the vehicle (fig. 2, 3):

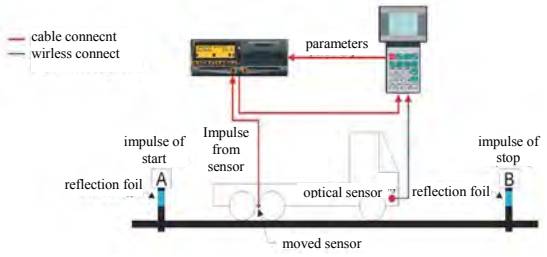


Fig. 2. Diagram of calibration of digital tachograph on road base

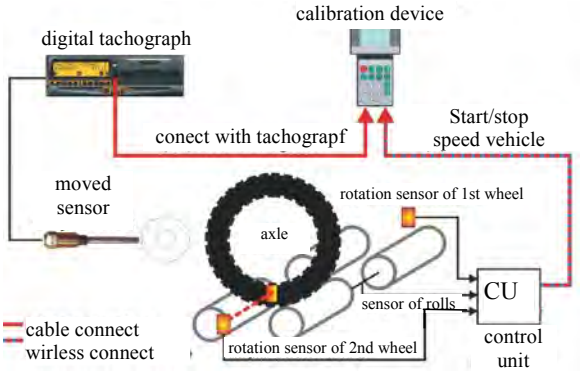


Fig. 3. Diagram of calibration of digital tachograph on work station

– the calibration certificate (period between the consecutive calibrations should exceed two years),
– the expert opinion certificate in case the usability of the instruments or measuring methods is not proved in another way.

Level of implementation of digital tachograph system

Level of introducing the system of the digital tachograph, leading it, was divided into the following elements:
– issue of digital tachograph's card,
– connect to TACHOnet system,
– approved of digital tachograph workshop,
– trained and equipped control services.

States which do not issue cards in the system of digital tachographs:
– Cyprus,
– Kosovo,
– Montenegro,
– Turkey,
– Serbia.

States don't connected to the tachonet: system
– Denmark,
– Hungary,
– Portugal,
– Bielarus,
– Croatia,
– Kosovo.
– Moldova,
– Montenegro,
– Russia,
– Serbia,
– Turkey,
– Ukraine.

States, which have not started methods of checking and calibrating digital tachographs:
– Greece (it passed requirements determining functioning of methods of the digital tachograph),
– Malta (it adopted the Italian system, drivers are going to Italy to carry checking and calibrating digital tachographs),
– Bielarus,
– Croatia,
– Kosovo.
– Moldova,
– Montenegro,

– Russia,
– Serbia,
– Turkey,
– Ukraine.

Almost all states accomplished training and equipping of control officers, with the exception:

– Greece,
– Portugal,
– Romania,
– Cyprus,
– Bielarus,
– Croatia,
– Kosovo.
– Moldova,
– Montenegro,
– Russia,
– Serbia,
– Turkey,
– Ukraine,

At present they are being led widely snitch works above introducing the system of digital tachograph in such states as Russia, Ukraine or Moldova.

Level of implementation of digital tachograophs system is presented in table 1 and in figure 4–14. They present situation of each country and connected do TACHOnet system, number of issued cars (cards: driver, company, workshop, control), number of approval tachograph workshop in country of Europe and situation with malfunction, stolen or lost cards.

The number of issued cards in individual countries of Europe enough is diversified. This number is depending on the size of the transport market in the given state and from the starting date of issuing cards to tachographs. Greece began issuing cards only in 2008 and she issued 1076 cards of drivers, in Germany in the period of 5 years 1600529 cards of drivers were issued, however in Poland 2916677 cards were issued in this period.

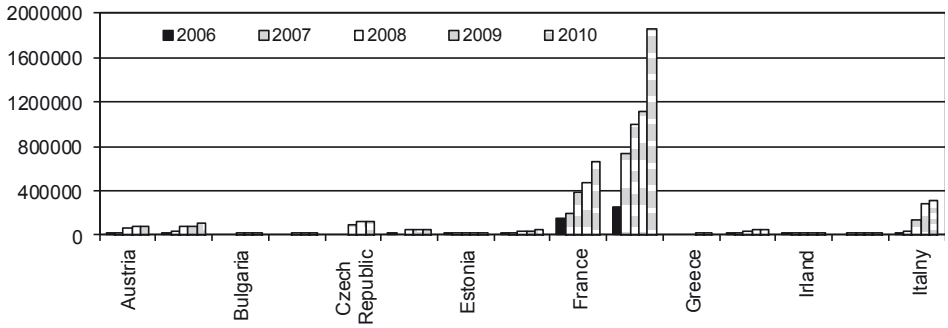


Fig. 4. Number of issued driver cards in Europe in 2006–2010 (part 1)

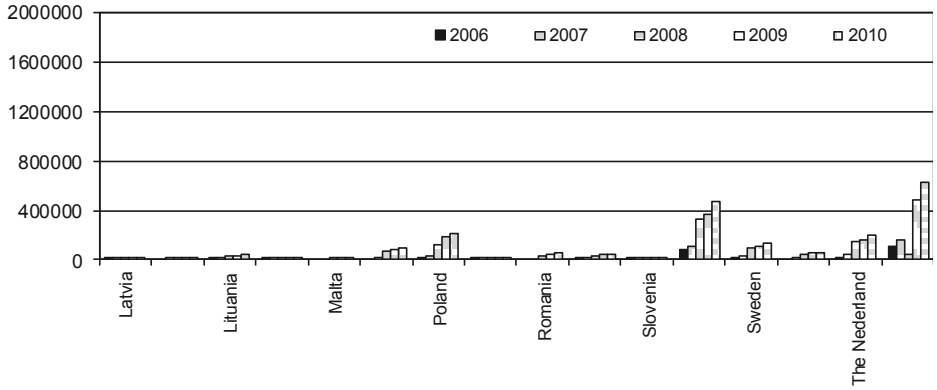


Fig. 5. Number of issued driver cards in Europe in 2006–2010 (part 2)

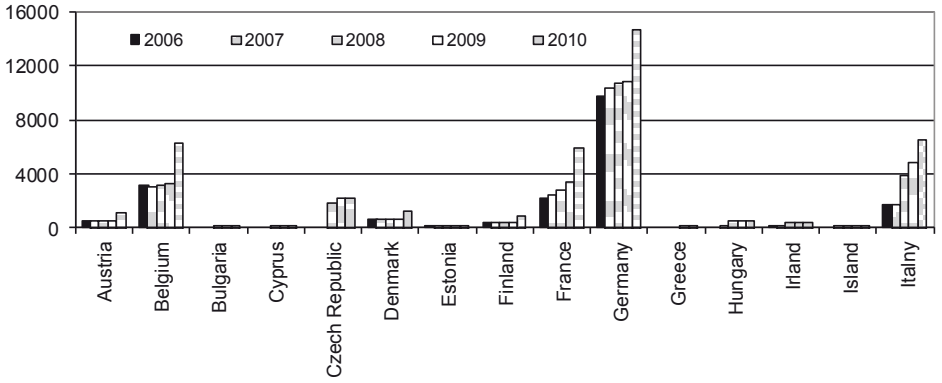


Fig. 6. Number of issued control cards in Europe in 2006–2010 (part 1)

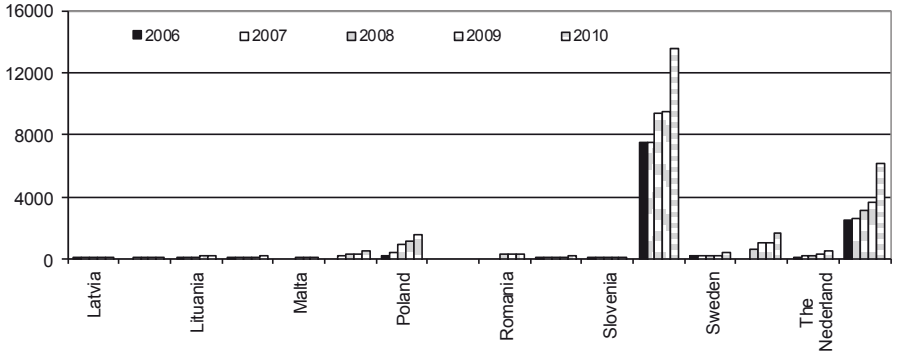


Fig. 7. Number of issued control cards in Europe in 2006–2010 (part 2)

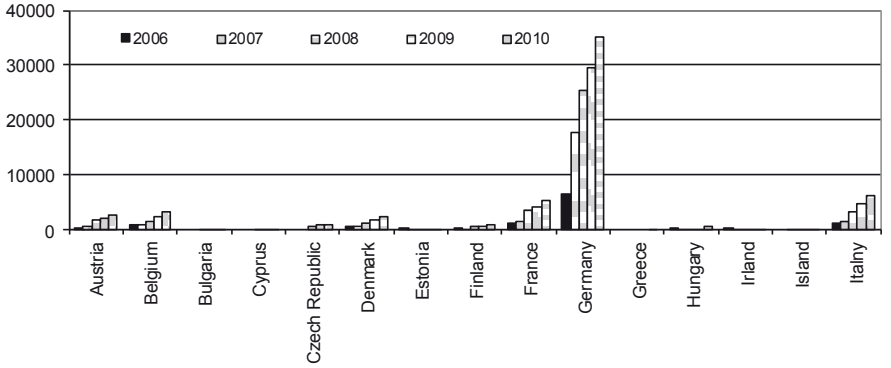


Fig. 8. Number of issued workshop cards in Europe in 2006–2010 (part 1)

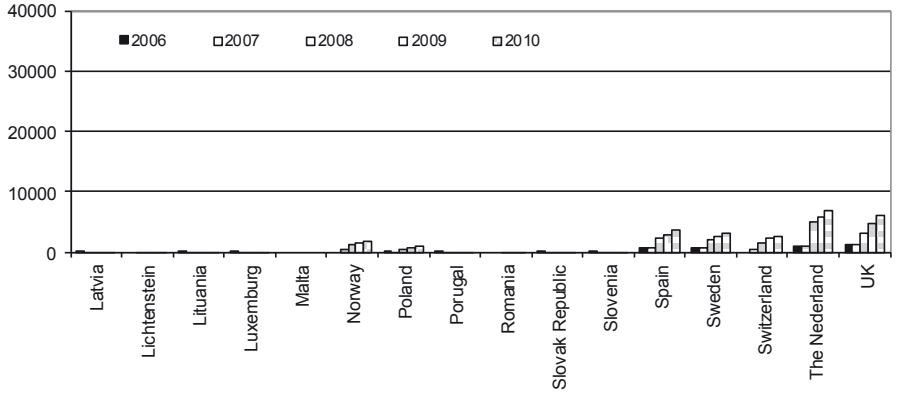


Fig. 9. Number of issued workshop cards in Europe in 2006–2010 (part 2)

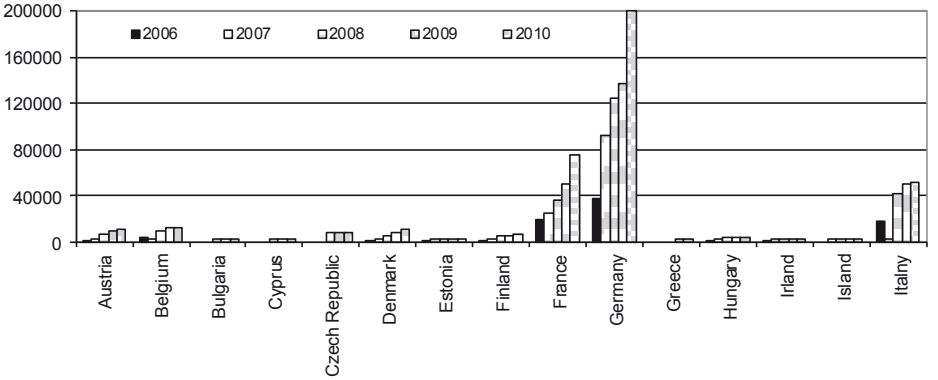


Fig. 10. Number of issued company cards in Europe in 2006–2010 (part 1)

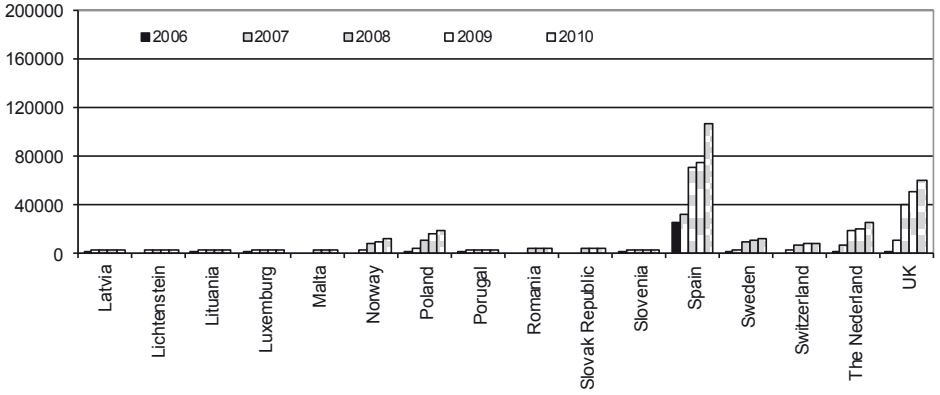


Fig. 11. Number of issued company cards in Europe in 2006–2010 (part 2)

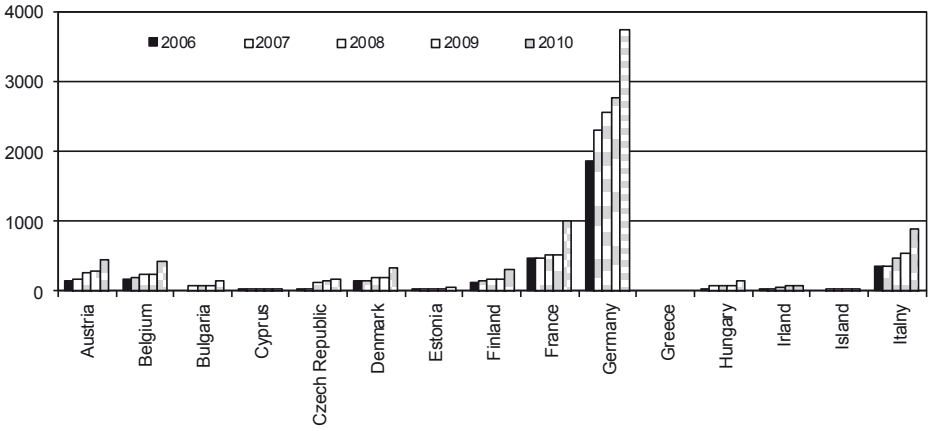


Fig. 12. Number of approved tachograph workshops in Europe in 2006–2010 (part 1)

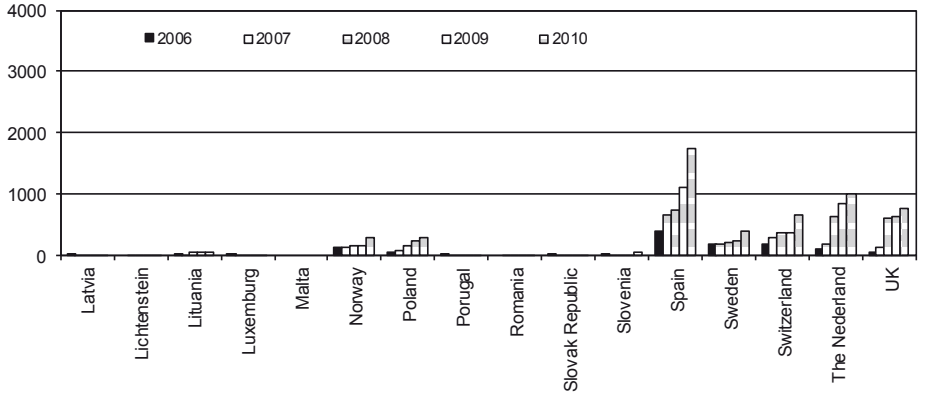


Fig. 13. Number of approved tachograph workshops in Europe in 2006–2010 (part 2)

Fig. 14. Percentage participation of lost or stolen issued cards in 2005–2010

In the coincidence of time sheets, biggest their numbers were spent in Germany (19415), of Spain (9741), United Kingdom (8566), however in Poland (1469); in Greece to date 675 time sheets were issued.

In Germany they spent 51795 of workshop cards, and in Spain 3953, in Poland 1870. Malta, on account of the quite small transport marketplace, isn't inserting digital tachographs workshops.

The most cards for the entrepreneur stayed spent in Germany – 181742, in Spain 83213, in France 50193, in Italy 74825, however in Poland 22110, in Greece they only 145 were spent.

In the case of approved workshops, checking digital tachographs, the most of them stayed opened in Germany – 2548 points, in Spain of 1163 workshops, in Poland of 225 workshop points, in Greece 34 workshop points were opened.

On the land of states of Europe which led STC we have 32 institutions entitled to issue cards to tachographs. These institutions issued, in the period of STC functioning, 15680605 of all kinds of cards.

Table 1. Countries did not connect to TACHOnet system

Countries not yet connected to TACHOnet system		
EU countries: Hungary is in test phase. Denmark is in test phase. Portugal is in test phase.		
Countries not yet connected to TACHOnet system		
Non EU-AETR countries: All coutires have a technical problem with connecting and technical functioning of european tachonet system.		
Countries are connected to TACHOnet system		
Austria Belgium Bulgaria Czech Republic Cyprus Greece Estonia Finland France Germany	Hungary Iceland Ireland Italy Latvia Lithuania Lichtenstein Luxembourg Malta Norway	Poland Romania Slovak Republic Slovenia Spain Sweden Switzerland The Nederlands United Kindom

Summary

In Europe digital tachograph cards are issued by 32 card issuing authorities. In consecutive years of functiong of digital tachograph system the following number of cards were issued (table 2) and percentage participation of malfunctioned cards were (table 2).

Table 2. Number of issued and malfunction cards in 2005 to 2010

Year	Issued cards	Malfunction cards
2005	233087	0,32%
2006	1278954	0,42%
2007	1666613	0,55%
2008	1443636	0,85%
2009	4002033	0,84
2010	4736122	0,91

In light of introduction of digital tachograph secend generation still we have a problems with connect to european tachonet system for inspectors from road transport inspection in different coutries durinh control period. Only inspectors from road transport inspection in Germany have connection to tachonet system during proces of check drivers.

The system of digital tachographs is using numerous systems of the cryptology to the purpose secured of access of not authorised persons but is being met much of examples of the manipulation of recording and recommendations of digital recorders.

At present many problems exist in the scope of functioning of the system of digital tachographs. It is possible to rate among it:

- connecting to the TACHOnet system for inspectors under carrying a road check is missing,
- numerous possibilities of the manipulation of recommendations of digital tachograph,
- possibility of erasing the memory of the card of the driver,
- frequent frauds of drivers which requirements concerning digital tachographs and the system of digital tachographs are enabling
- interpretation of records concerning individual elements of the system of digital tachographs is lacking the brightness,
- attempts to distort placing the digital tachograph during the term review.

They are these are problems which should be taken into consideration while preparing introducing requirements for the digital tachograph of the second generation (according to with Commission Regulation (EU) No 1266/2009 of 16 December 2009 adapting for the tenth time to technical progress Council Regulation (EEC) No 3821/85 on recording equipment in road transport).

Bibliography

1. EU–MIDT/CINC/005–2005_rev4, Identification of the Card Issuing Authorities (CIA) in EU and EEA Member States and Switzerland.

2. EU–MIDT/ENC/016–2008, Minutes of the meeting held on 14 October 2008 in Tallinn.
3. EU–MIDT/IPC/002–2009, Minutes of the meeting held on 4 February 2009 in Lisbon.
4. EU–MIDT/IPC/004–2008, Minutes of the meeting held on 27 February 2008 in Malta.
5. EU–MIDT/IPC/006–2008, Minutes of the meeting held on 23 June 2008 in Bled.
6. EU–MIDT/IPC/007–2009, Assessment of the situation concerning tahograph's data downloading and retention in EU and EEA Member States.
7. EU–MIDT/IPC/014–2008, Minutes of the meeting held on 14 October 2008 in Tallinn.
8. EU–MIDT/PLE/007–2008, Minutes of the plenary meeting held on 15 October 2008 in Tallinn.
9. EU–MIDT_CINC–017–2005_anx11, Cases to be faced by CIA's: questionnare, Answer from Switzerland.
10. EU–MIDT-CINC–017–2005_anx1, Cases to be faced by CIA's: questionnaire. Answer from Polnad.
11. Rychter M.: Budowa i zastosowanie systemu tachografii cyfrowej, Wydawnictwo Instytutu Transportu Samochodowego, 2010.
12. Merkisz J., Mazurek S.: Tachograf cyfrowy, Wydawnictwo ITB–PIB, Warszawa 2006.
13. Regulation (EC) No 561/2006 of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 on the harmonisation of certain social legislation relating to road transport and amending Council Regulations (EEC) No 3821/85 and (EC) No 2135/98 and repealing Council Regulation (EEC) No 3820/85, Dz. Urz. UE L Nr 102, 11.4.2006r.
14. Commission regulation (EC) No 1360/2002 of 13 June 2002 adapting for the seventh time to technical progress Council Regulation (EEC) No 3821/85 on recording equipment in road transport, Dz. Urz. UE L Nr 207, 5.8.2002 r.
15. Council Regulation (EEC) No 3820/85 of 20 December 1985 on the harmonization of certain social legislation relating to road transport, Dz. Urz. UE L Nr. 370, 31.12.1985 r.
16. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 kwietnia 2006 roku w sprawie wzoru wniosków o wydanie zezwolenia na prowadzenie warsztatu w zakresie instalacji, napraw lub sprawdzania tachografów cyfrowych, zezwolenia na prowadzenie warsztatu oraz specjalnej cechy nadawanej do poświadczenia wykonania czynności objętej zezwoleniem, Dz. U. Nr 73, poz. 509.
17. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 kwietnia 2006 roku w sprawie uprawnienia dla technika warsztatu do wykonywania sprawdzeń tachografów cyfrowych, Dz. U. Nr 73, poz. 510.
18. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 kwietnia 2006 roku w sprawie wymagań niezbędnych do prowadzenia warsztatu w zakresie napraw, instalacji lub sprawdzania tachografów cyfrowych oraz zakresu i sposobu dokumentowania czynności przy wykonywaniu tych usług, Dz. U. Nr 73, poz. 511.
19. Rozporządzenie Ministra Transportu z dnia 23 sierpnia 2007 roku w sprawie wzorów wniosków o wydanie kart do tachografów cyfrowych, Dz. U. Nr 162, poz. 334.
20. Ustawa o systemie tachografów cyfrowych z dnia 29 lipca 2005 roku, Dz. U. Nr 180, poz. 1494 ze zm.

AWARYJNOŚĆ SYSTEMU CYFROWYCH TACHOGRAFÓW W ASPEKCIE PROWADZENIA CYFROWYCH TACHOGRAFÓW DRUGIEJ GENERACJI

Streszczenie. Artykuł przedstawia główne prawne zasady systemu tachografów cyfrowych, który muszą być spełnione przez producentów tachografów cyfrowych w aspekcie homologacji typu oraz możliwości przyszłych wymogów w stosunku do tachografów cyfrowych. Wymagania te zawierają wymogi stawiane tachografom cyfrowym w aspekcie użytkowania przez kierowców jak i dopuszczania ich podczas okresowych kontroli, zarówno w Polsce jak i Unii Europejskiej w oparciu o rozporządzenie Komisji (WE) nr 1360 z 13 czerwca 2002 roku. Artykuł przedstawia również poziom implementacji poszczególnych elementów systemu tachografów cyfrowych w Europie w świetle wprowadzenia tachografu cyfrowego drugiej generacji.

Słowa kluczowe: tachograf cyfrowy, karta kierowcy, karta warsztatowa, karta kontrolna, karta przedsiębiorcy, warsztat

Gabriel Borowski*

PORÓWNANIE DWÓCH SPOSOBÓW OKREŚLENIA WYTRZYMAŁOŚCI BRYKIETÓW Z MATERIAŁÓW DROBNOZIARNISTYCH

Streszczenie. W publikacji opisano dwa sposoby określenia wytrzymałości na ściskanie brykietów z materiałów drobnoziarnistych. Porównanie tych sposobów przeprowadzono w oparciu o badania ściskania przykładowych brykietów wykonanych z odpadowych popiołów paleniskowych. W oparciu o wyniki badań określono przydatność stosowania obu metod do oceny wytrzymałości brykietów.

Słowa kluczowe: wytrzymałość na ściskanie, test osiowy, metoda brazylijska, brykiet.

WPROWADZENIE

Właściwości mechaniczne wyrobów stanowią istotny czynnik przy projektowaniu i wykonywaniu procesu scalania materiałów drobnoziarnistych. Uzyskanie wysokiej wytrzymałości realizuje się przez dobór odpowiednich urządzeń do aglomeracji i ich parametrów pracy, konstrukcję oprzyrządowania, dobór dodatków wiążących oraz doprowadzenie mieszanki do określonej wilgotności [1, 3].

Wytrzymałość materiału określana jest w oparciu o badania prowadzone w specjalistycznych laboratoriach z wykorzystaniem maszyn wytrzymałościowych. Badania właściwości mechanicznych materiałów najczęściej obejmują określenie wytrzymałości na ściskanie, na rozciąganie, na zginanie oraz na ścinanie. W przypadku oceny odporności brykietów bardzo istotna jest wytrzymałość na ściskanie. Dodatkowo wykonuje się badania odporności na zrzut grawitacyjny, wodoodporności i inne [2].

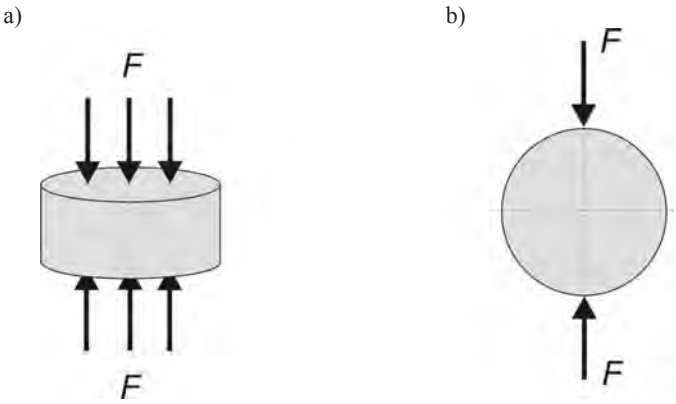
W publikacji przedstawiono dwa sposoby określenia wytrzymałości na ściskanie brykietów walcowych. Zastosowano metodę ściskania osiowego oraz ściskania średnicowego. Przydatność omówionych sposobów pokazano na przykładzie badań ściskania brykietów wykonanych z popiołów paleniskowych stanowiących odpady ze spalania paliw w kotłach grzewczych.

OCENA WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCISKANIE

Przeznaczone do badań brykiety umieszcza się między płaskimi powierzchniami urządzenia badawczego (np. głowice maszyny wytrzymałościowej) i ściska się, aż do momentu zniszczenia struktury. W teście obciążania próbki walcowe ustawiać można w głowicy do-

* Katedra Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska, g.borowsski@pollub.pl

ciskowej w dwojaki sposób – obciążając wzdłuż osi (test osiowy) lub wzdłuż średnicy (test średnicowy, zwany metodą brazylijską) (rys. 1).



Rys. 1. Sposoby badania wytrzymałości na ściskanie brykietów o kształcie walcowym: a) test osiowy, b) test średnicowy
Fig. 1. The methods to the compressive strength testing of cylindrical shaped briquettes: a) axial test, b) diameter test

Metoda ściskania osiowego

Badanie wytrzymałości na ściskanie polega na przyłożeniu obciążenia, którego konsekwencją jest przybliżenie do siebie drobnych cząstek ciała. Wytrzymałość na ściskanie jest to największy opór, jaki siłom ściskającym stawia materiał, przeciwdziałając zniszczeniu. Wartość liczbowa tej wytrzymałości stanowi iloraz siły ściskającej, która spowodowała zniszczenie struktury materiału i powierzchni, na którą działa siła ściskająca. Wytrzymałość na ściskanie w teście osiowym określa się wzorem:

$$R_{co} = \frac{F_n}{A} \quad [\text{MPa}] \tag{1}$$

gdzie:
F_n – siła ściskająca (niszcząca) próbkę [N],
A – pole przekroju próbki ściskanej [m^2].

Próbki do badania wytrzymałości na ściskanie osiowe mogą mieć różne kształty, zarówno symetryczne z płaszczyzną podziału, jak i bez płaszczyzny podziału.

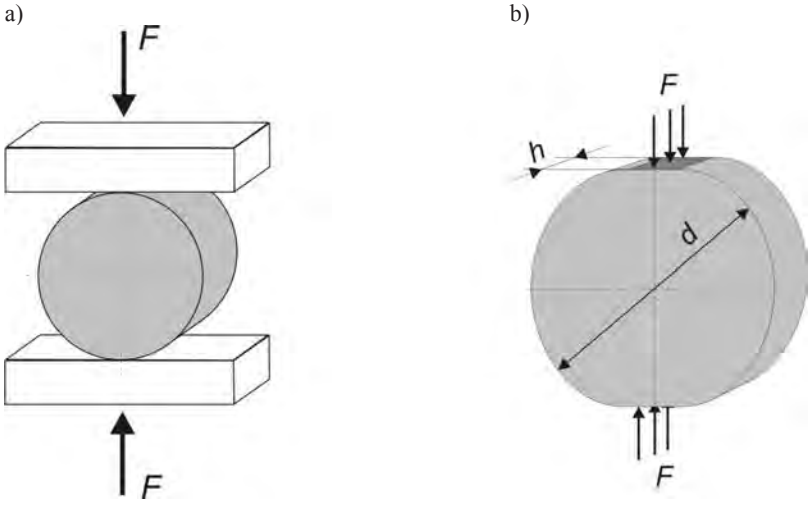
Wytrzymałość na ściskanie zależy od kierunku działania siły w stosunku do włókien lub warstw materiału. W przypadku materiałów o drobnoziarnistej budowie zależy ona także od stopnia wilgotności materiału i temperatury. Wartość wytrzymałości na ściskanie osiowe brykietów z materiałów odpadowych waha się w szerokich granicach – od 0,5 MPa do 15 MPa i więcej.

Uzyskane w teście wartości siły ściskania zależą od wielu czynników jak kształt, wymiary i masa brykietu, a także od szybkości przesuwu głowicy ściskającej [7]. Odpowiednio wysokie siły powodują pęknięcie brykietu, pod warunkiem, że są one wystarczająco kruche. Niektóre rodzaje brykietów z dodatkiem bituminów, gliny lub tworzyw sztucznych posiadają właściwości plastyczne uniemożliwiające jednoznaczne określenie siły niszczącej podczas ściskania. Należy zwrócić uwagę, że porównywanie przebiegów sił ściskania możliwe jest dla próbek o dokładnie takim samym kształcie i wymiarach.

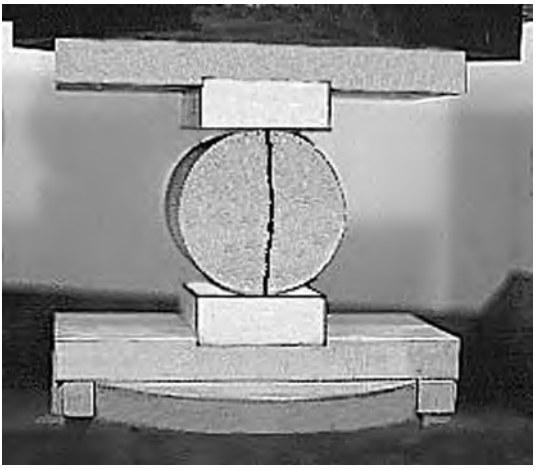
Metoda brazylijska

W przypadku oceny właściwości mechanicznych brykietów kruchych o kształcie walcowym często stosowana jest metoda brazylijska [5]. W szczególności jest ona przydatna do analizy pęknięć wewnątrz brykietu. Brykiety takie formuje się z rozmaitych materiałów jak związki metali, drobnoziarniste piaskowce, materiały stosowane w przemyśle farmaceutycznym i inne [4].

Metoda brazylijska polega na umieszczeniu walcowej próbki pionowo między powierzchniami głowicy ściskającej (rys. 2a). Stosuje się szlifowanie części walcowej uzyskując płaską powierzchnię przyłożenia (rys. 2b) w celu zmniejszenia lokalnych naprężeń spiętrzających spowodowanych liniowym kontaktem walca z powierzchnią głowicy. Proces ściskania prowadzi się do wystąpienia widocznych gołym okiem pęknięć zaczynających się w centralnej części walca i rozprzestrzeniających się wzdłuż osi pionowej (rys. 3).



Rys. 2. Metoda brazylijska: a) próbka w głowicy ściskającej, b) próbka z płaską powierzchnią przyłożenia
Fig. 2. Brazilian test: a) the sample in the compressive head, b) the sample with the flat area



Rys. 3. Powstawanie pęknięć w próbce ściskanej metodą brazylijską
Fig. 3. Formation of cracks in the Brazilian test of sample

Wytrzymałość na ściskanie (naprężenie) podczas ściskania promieniowego oblicza się ze wzoru:

$$R_{cp} = \frac{2F_n}{\pi dh} \quad [\text{MPa}] \tag{2}$$

gdzie:

F_n – siła ściskająca (niszcząca) próbkę [N],
d – średnica próbki ściskanej [m],
h – wysokość próbki [m].

Badanie wytrzymałości na ściskanie metodą brazylijską umożliwia uzyskanie dokładniejszych informacji o mechanice pękania próbek, ze względu na szybsze powstawanie uszkodzeń przy mniejszych siłach ściskania w porównaniu do metody ściskania osiowego. Inaczej ujmując, badane próbki podczas ściskania osiowego wydają się być bardziej plastyczne niż faktycznie są [5] i metoda ta jest mniej skuteczna do oceny procesu powstawania uszkodzeń w centralnej części brykietu.

BADANIA WYTRZYMAŁOŚCI BRYKIETÓW

Przeprowadzono porównawcze badania wytrzymałości na ściskanie brykietów o kształcie walcowym za pomocą testu osiowego oraz metodą brazylijską. W oparciu o wyniki tych badań określono przydatność stosowania obu metod oceny wytrzymałości brykietów z materiałów drobnoziarnistych.

Brykiety do testów wytworzono z popiołów paleniskowych ze spalania biomasy drzewnej, która stanowi coraz większy udział w uzyskiwaniu energii cieplnej, zwłaszcza w kotłach zasilających gospodarstwa indywidualne. Stwierdzono możliwość wykorzystania tych brykietów jako zamiennika naturalnego kruszywa stosowanego do podbudowy dróg [2].

Głównymi składnikami popiołu są związki krzemu i aluminium. Materiał ten charakteryzuje znaczny stopień rozdrobnienia, mała zawartość wilgoci oraz mała gęstość usypowa. Środkiem wiążącym (lepiszczem) dodanym do popiołu była kompozycja wapna hydratyzowanego z cementem w udziale masowym wynoszącym od 5 do 10%. Podczas mieszania dodawano wodę doprowadzając substancję do wilgotności ok. 5%.

Mieszankę brykietowano w prasie hydraulicznej PH-100 stosując nacisk jednostkowy stempla 4,25 MPa. Matryca formująca umożliwiła uzyskanie brykietów w kształcie walcowym o średnicy 30 mm i wysokości 15 mm. Uzyskane brykiety sezonowano, a następnie kierowano do badań wytrzymałości na ściskanie.

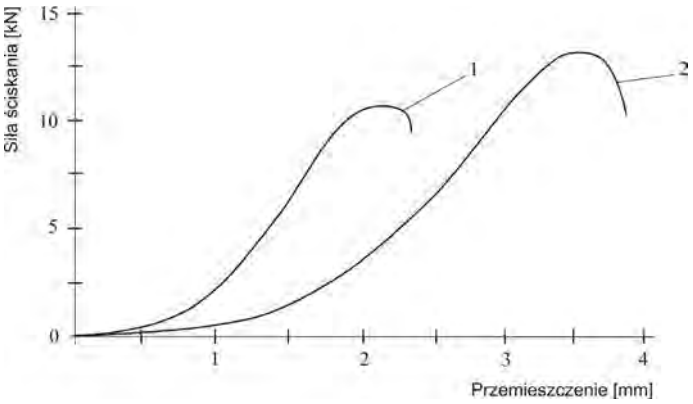
Wyniki pomiarów maksymalnych sił nacisku oraz obliczenia wytrzymałości na ściskanie z zastosowaniem testu osiowego oraz metodą brazylijską przedstawiono w tabeli 1. Próby wykonano dla brykietów z różną zawartością lepiszcza.

Tabela 1. Wytrzymałość na ściskanie brykietów w zależności od udziału lepiszcza
Table 1. Comprehensive strength of briquettes depended of binder contribution

Nr próby	Udział lepiszcza [%]	Maksymalna siła nacisku [kN]		Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	
		test osiowy	metoda brazylijska	test osiowy	metoda brazylijska
1	5,00	10,40	9,10	14,64	12,88
2	8,00	12,70	10,30	17,88	14,57
3	10,00	13,10	10,80	18,45	15,28

Uzyskano brykiety o dobrych właściwościach mechanicznych dla poszczególnych udziałów lepiszcza, jednak jego zwiększenie do wartości powyżej 8% nie przynosi znaczących korzyści.

Wyniki pomiarów wytrzymałości na ściskanie otrzymane w obu testach potwierdzają zależności uzyskiwane przez innych badaczy [6, 8]. Mniejsze wartości wytrzymałości określone metodą brazylijską wskazują na wcześniejsze rozpoczynanie procesu pękania oraz większą kruchość brykietu. W teście osiowym odnotowano większą wytrzymałość na ściskanie i dłuższy czas trwania procesu prowadzący do pękania próbki. Większe były także maksymalne siły ściskania w teście osiowym niż w promieniowym (rys. 4).



Rys. 4. Porównanie przebiegu sił ściskania w dwóch testach: 1 – metoda brazylijska, 2 – test osiowy
Fig. 4. Comparison of compression forces in two tests: 1 – Brazilian test, 2 – axial test

W teście osiowym w fazie początkowej obserwowano znaczne przemieszczenie ruchomych szczęk głowicy przy niewielkim przyroście siły ściskania. Następuje wzajemne zbliżenie drobnoziarnistych składników brykietu i zmniejszenie porowatości. Przypuszcza się, że późniejsze występowanie pękania, stwierdzone w metodzie osiowej, następuje na skutek pokonanie oporów tarcia wewnętrznego, a nie na skutek anizotropii naprężeń w brykietach.

WNIOSKI

1. Stosowanie lepiszcza w udziale 8% wpływa na wzrost właściwości mechanicznych brykietów, dalsze jednak zwiększenie udziału lepiszcza nie przynosi istotnych korzyści.
2. Stosowanie metody brazylijskiej do określenia wytrzymałości brykietów walcowych jest zasadne ze względu na dokładniejszą możliwość analizy procesu pękania przy niższych naciskach głowicy ściskającej.
3. Test osiowy ma zastosowanie dla brykietów o różnych kształtach: baryłkowy, poduszkowy, kroplowy, itp. Zniszczenie struktury zachodzi przy wyższych naciskach ze względu na opory tarcia wewnętrznego.
4. Możliwość występowania anizotropii naprężeń w ściskanych brykietach wymaga potwierdzenia w dalszych pracach badawczych.

PIŚMIENNICTWO

1. Borowski G.: Wykorzystanie brykietowania do zagospodarowania odpadów. Monografia. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin 2011.
2. Borowski G., Miłczak M.: Badania przydatności brykietów z popiołów paleniskowych jako podbudowy drogowe. Postępy Nauki i Techniki, 4, 2010, 136–143.

3. Hryniewicz M. Kostukiewicz B., Janewicz A. . Scalanie drobnoziarnistych odpadów. Inżynieria Chemiczna i Procesowa, 972 (29), 2006, 89–98.
4. Piątek P.: Test punktowy, test brazylijski i test na jednoosiowe ściskanie – badania porównawcze. Górnictwo i Geoinżynieria, 1, 2008, 285–292.
5. Proveti J.R.C., Michot G.: The Brazilian test: a tool for measuring the toughness of a material and its brittle to ductile transition. International Journal of Fracture, 139, 2006, 455–460.
6. Rahman M.M., Nor S.S.M., Rahman H.Y., Sopyan I.: Effects of forming parameters and sintering schedules to the mechanical properties and microstructures of final components. Materials and Design, 33, 2012, 153–157.
7. Rahman A.N.E., Masood M.A., Prasad C.S.N., Venkatesham M.: Influence of size and shape on the strength of briquettes. Fuel Processing Technology, 23, 1989, 185–195.
8. Temmerman M., Rabier F., Jensen P.D., Hartmann H., Böhm T.: Comparative study of durability test methods for pellets and briquettes. Biomass and Bioenergy, 30, 2006, 964–972.

COMPARISON OF TWO METHODS OF DETERMINING THE STRENGTH OF BRIQUETTES FROM FINE GRAIN MATERIALS

Summary

The publication describes to determine the compressive strength of fine grained compacts by using of two methods. Comparison of these methods were based on the study of the compression of sample briquettes made of waste ash. The usefulness of applying both approaches to the evaluation of the strength of briquettes were indicated as the results of research studies.

Key words: compressive strength, axial compression test, Brazilian test, briquette.

Tadeusz Opasiak*

BADANIA PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW SPRZĘGIEŁ PODATNYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań podstawowych parametrów charakteryzujących sprzęgła podatne. Badania ograniczyły się do wyznaczenia charakterystyk statycznych i dynamicznych. Na podstawie tych charakterystyk odczytano współczynniki sztywności i tłumienia. Badania przeprowadzono na sprzęgłach podatnie skrętnych z łącznikiem oponowym i łącznika w kształcie pierścienia elastycznego.

Słowa kluczowe: sprzęgło podatne, charakterystyka statyczna, charakterystyka dynamiczna, współczynnik sztywności, współczynnik tłumienia.

1. WSTĘP

W układach napędowych maszyn roboczych stosuje się różnego rodzaju sprzęgła podatne skrętnie. Dobór odpowiedniego sprzęgła podatnego, do danego układu napędowego, powinien odbywać się nie tylko na podstawie przenoszonego momentu obrotowego (jak to się odbywa w większości przypadków), ale głównie na podstawie parametrów lepko-sprężystych łącznika podatnego [4]. Aby ten sposób doboru sprzęgła podatnego, do układu napędowego maszyny roboczej, był możliwy niezbędna jest identyfikacja ilościowa takich parametrów eksploatacyjnych, sprzęgła podatnego, jak współczynnik tłumienia i sztywności, są to współczynniki niezbędne w momencie symulacji komputerowej [1]. Współczynniki te wyznaczane są na podstawie charakterystyk statycznych lub dynamicznych. Brak ogólnego dostępu do tego rodzaju badań powoduje, że konstruktorzy (eksploatatorzy) maszyn roboczych nie posługują się tymi parametrami w momencie wyboru sprzęgła podatnego do danych warunków pracy [4].

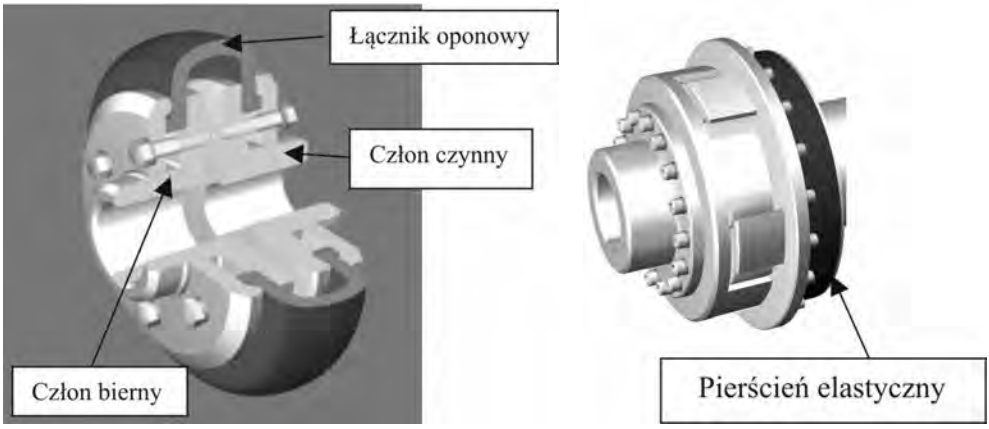
Zastosowanie sprzęgła podatnego o odpowiednich wartościach współczynników sztywności i tłumienia odpowiednio złagodzić, nadwyżki dynamiczne powstające w danym układzie napędowym. O wielkości energii rozproszonej decyduje głównie praca tarcia wewnętrznego łącznika sprzęgła podatnego [4].

* Katedra Logistyki i Transportu Przemysłowego, Wydział Transportu, Politechnika Śląska, tadeusz.opasiak@polsl.pl

2. WPŁYW OBJĘTOŚCI ŁĄCZNIKA PODATNEGO SPRZĘGŁA NA PRZENOSZONEGO MOMENTU OBROTOWEGO W UKŁADZIE NAPĘDOWYM

Przedmiotem badań laboratoryjnych były własności lepko-sprężyste sprzęgieł podatnych z łącznikiem podatnym w formie opony (rys. 1a) i pierścienia gumowego (rys. 1b).

a) Sprzęgło podatne oponowe b) Sprzęgło podatne pierścieniowe



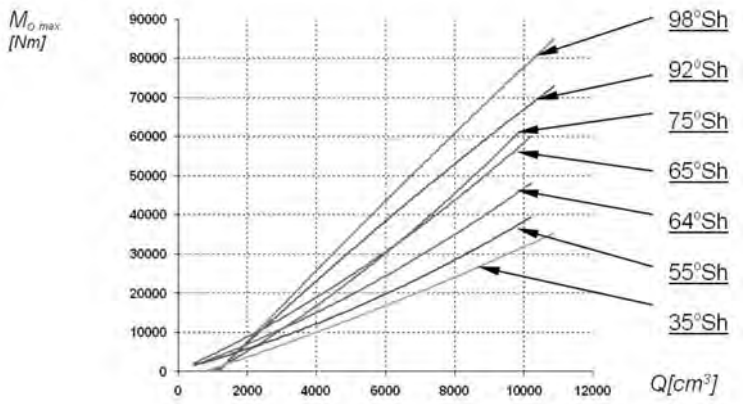
Rys. 1. Sprzęgła podatne skrętnie z łącznikiem oponowym i pierścieniowym
Fig. 1. Flexible coupling with a tire and a ring coupling

W praktyce inżynierskiej o doborze sprzęgła podatnego do danego układu napędowego decyduje znamionowy moment obrotowy M_{zn} jednostki napędowej układu maszyny roboczej.

Łączniki elastomerowe sprzęgieł podatnych skrętnie wykazują własności lepko-sprężyste przy słabych własnościach wytrzymałościowe w stosunku do metalowych elementów sprzęgła podatnego. Dlatego udział ilościowy, elementu podatnego, w całym typoszeregu sprzęgła podatnego podyktowany jest objętością i twardością. Dlatego też badania sprzęgieł podatnych prowadzono w odniesieniu do objętości łącznika podatnego badanych sprzęgieł Q (rys. 2) [4].

Na podstawie analizy objętości elementu podatnego zastosowanego do budowy sprzęgła stwierdzono, że każdy następny łącznik elastomerowy w typoszeregu sprzęgła posiada objętość zwiększoną proporcjonalnie w stosunku do poprzedniego sprzęgła w katalogowym typoszeregu sprzęgieł [3, 4].

Wielkość przenoszonego momentu obrotowego w typoszeregu poza objętością podyktowana jest również twardością danego łącznika podatnego. Wartość przenoszonego momentu obrotowego zależy nie tylko od objętości, ale również jego twardością. Można zauważyć, że przy tej samej objętości łącznik podatny o większej twardości przeniesie odpowiednio większą wartość momentu obrotowego M_o (rys. 2) ale będzie posiadał już inne własności lepko-sprężyste [4].



Rys. 2. Wpływ objętości *Q* łącznika podatnego na wielkość przenoszonego momentu obrotowego M_o dla badanych sprzęgieł podatnych
Fig. 2. Influence the volume of Q connecting flexible to the size of transmitted torque M_o of flexible couplings for test

3. WSPÓŁCZYNNIKI EKSPLOATACYJNE SPRZĘGIEŁ PODATNYCH

3.1. Sztywność sprzęgieł podatnych

Charakterystyki sprzęgieł podatnych skrętnie zbudowane zostały na podstawie zadanej wielkości momentu obrotowego M_o w funkcji otrzymanego kąta względnego skręcenia φ elementu podatnego sprzęgła (1)

$$M_o = f(\varphi). \tag{1}$$

Tworzona na tej podstawie charakterystyka służyły do wyznaczenia takich współczynników jak: bezwymiarowy współczynnik tłumienia ψ i współczynnik sztywności *c*. Wartości liczbowe tych współczynników mają szczególne znaczenie w czasie analizie dynamicznej (rys. 3) współpracującego ze sprzęgłem podatnym na podstawie równia (2) [1, 2, 3, 4].

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2H\frac{d\varphi}{dt} + \omega_o{}^2\varphi = M(t) \quad , \tag{2}$$

gdzie:

φ – kąt względnego skręcenia członów sprzęgła,
H – współczynnik tłumienia układu,
ω_o – częstość drgań własnych,
$M(t)$– moment wymuszający.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że sprzęgła podatne, oprócz momentu statycznego M_{st} przenoszonego w ruchu ustalonym, przenoszą również moment dynamiczny M_d (w ruchu nieustalonym) (3)

$$M_{max}(t) = M_{st} + M_d(t). \tag{3}$$

W czasie pracy nieustalonej, wartość współczynnika sztywności c_{st} (8) wyznaczonego tylko w warunkach statycznych jest niewystarczająca (4)

$$c_s = \frac{M_s}{\varphi_s} \cdot \tag{4}$$

Współczynnik sztywności dynamicznej c_d dla badanego układu dwumasowego wynosi:

$$c_d(\nu) = \frac{M_A}{\varphi_A} = \omega_o^{\,2} \cdot J_z \cdot \sqrt{(1-\nu^2)^2 + 4 \cdot \xi^2 \cdot \nu^2}\,, \tag{5}$$

gdzie:

ν – współczynnik rozstrojenia,
ξ – względny współczynnik tłumienia układu,
φ_A – amplituda kąta względnego skręcenia członów sprzęgła.

Na wartość współczynnika sztywności dynamicznej c_d, w przypadku sprzęgieł podatnych, mają wpływ zmienne składowe momentu dynamicznego takie jak: amplituda momentu dynamicznego M_A, częstość zmian momentu dynamicznego ω_s.

Dla sprzęgieł o charakterystykach odbiegającej od charakterystyki liniowej, wyznaczony został liniowy współczynnik sztywności c_{st} i c_d. Natomiast dla sprzęgieł o charakterystykach odbiegających od liniowych, wyznaczone zostały współczynniki sztywności α_o i β_o dla wielomianu trzeciego stopnia według równania (6)

$$M_{st}(\varphi) = \alpha_o \varphi + \beta_o \varphi^3. \tag{6}$$

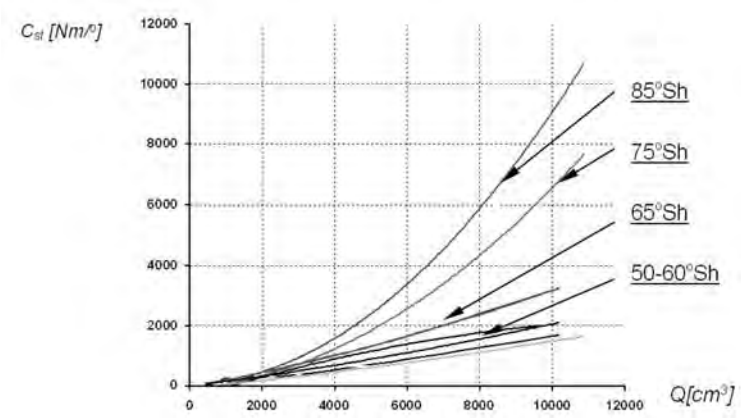
W tabeli 1 przedstawiono przykładowe wartości tych współczynników dla kilku wybranych wielkości sprzęgieł podatnych oponowych o różnej objętości zastosowanego łącznika i jego twardości.

Tabela 1. Przykładowe wartości współczynników sztywności

Rodzaj łącznika sprzęgła podatnego	Twardość [°Sh]	Objętość łącznika Q [mm³]	Współczynnik sztywności		
			c_{st} [Nm/°]	α_{st} [Nm/°]	β_{st} [Nm/°³]
1 opona	69,1	178 100	52,28	49,89	0,57
2 opona	63,9	103 700	17,53	9,29	1,33
3 opona	69,3	112 300	17,74	7,96	1,52
4 opona	72,7	106 600	22,04	15,56	1,24

Z otrzymanych charakterystyk statycznych wynika, że ulegają one zmianie w wyniku zmieniającej się objętości i twardości elastomeru zastosowanego do budowy elementu podatnego sprzęgła. Przykładowo porównując współczynnik c_{st}=*52,28 Nm/°* dla sprzęgła oponowego *nr 1* o twardości *69,1 °Sh* i przy objętości *Q=178100 mm³* łącznika oponowego, do sprzęgła *nr 3* o identycznej twardości *69,3 °Sh*, ale przy objętości badanego łącznika oponowego wynoszącego *Q=112300 mm³*, stwierdzono, że sprzęgło to posiada wartość współczynnika c_{st}=*17,74 Nm/°* trzykrotnie mniejszą. Z analizy tych charakterystyk wynika również, że najsztywniejszą charakterystykę posiadają sprzęgła o największej objętości elementu podatnego np. nr 4, natomiast charakterystykę o dużej podatności posiadają sprzęgła z wkładką oponową wykonaną z elastomeru o twardości *61,8°Sh* np. *nr 3* i *63,9 °Sh* - nr 2. Sprzęgła te posiadają 2-krotnie mniejszą objętość wkładki oponowej w stosunku do sprzęgła nr 1, czyli wraz ze wzrostem objętości wkładki oponowej następuje wzrost współczynników c_{st}, α_{st} (tab. 1). Wzrost tych współczynników następuje szybciej przez zwiększenie objętości zastosowanego łącznika oponowego (np. *nr 1*) niż w wyniku zwiększenia jego twardości (np. nr 4).

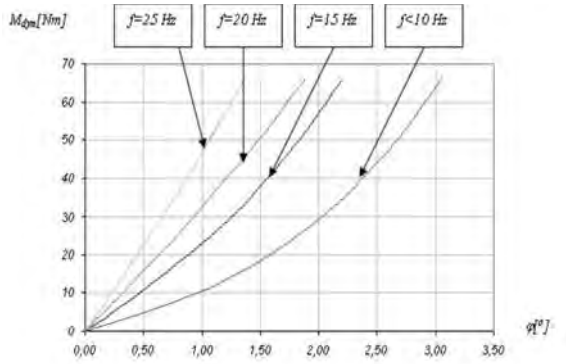
Na rysunku 3 przedstawiono wpływ objętości i twardości na wartość współczynnika sztywności c_{st}.



Rys. 3. Wpływ objętości łącznika podatnego na wartość współczynnika sztywności dla sprzęgieł podatnych

Fig. 3. Influence the volume of the flexible connector to stiffness coefficient for flexible couplings

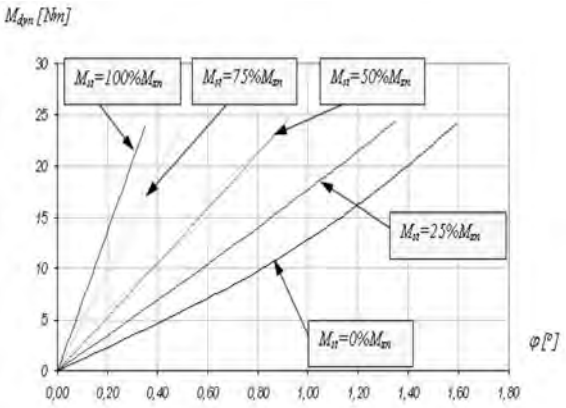
Porównując wartości współczynników sztywności statycznej i dynamicznej zauważono, że przy wymuszeniu dynamicznym wartość współczynników c_d, α_d ulega wzrostowi w stosunku do współczynników wyznaczonych w sposób statyczny. Na wartości współczynników c_d, α_d, β_d badanych sprzęgieł wyraźnie wpływa częstość wymuszająca ω_s. Pod tym kątem przeprowadzono dalsze badania, których celem było wyznaczenie zmian wielkości współczynników c_d, α_d, β_d pod wpływem wzrostu częstotliwości wymuszającej moment dynamiczny (rys. 4).



Rys. 4. Wpływ częstotliwości wymuszającej na charakterystykę dynamiczną dla sprzęgła nr 2
Influence frequency on the dynamic characteristics for the coupling No. 2

Podobnie jak przy badaniach statycznych, główny wpływ na wartość współczynników c_d, α_d, β_d ma objętość łącznika podatnego. Analizując te współczynniki można zauważyć, że przy wymuszeniu dynamicznym charakterystyki zmierzają do liniowych (przy wzroście częstości wymuszającej ω_s) (rys. 5), jest tym większe im większą objętość posiada dany element podatny. Również wzrost obciążenia momentem statycznym powoduje wzrost współczynników c_d i α_d dla wszystkich badanych sprzęgieł podatnych oponowych.

Na podstawie rysunku 5 można zaobserwować wyraźną zmianę charakterystyki dynamicznej sprzęgła podatnego oponowego wyniku wzrostu momentu znamionowego. Z dalszej analizy charakterystyk wynika, że najsztywniejszą charakterystykę posiadają sprzęgła o największej objętości zastosowanego łącznika elastomerowego np. *nr 1* lub twardości np. nr 4, natomiast charakterystykę o dużej podatności posiadają sprzęgła z łącznika podatnego wykonanego z elastomeru o niższej twardości *65°Sh* np. nr 2 i 3. Wzrost tych współczynników sztywności następuje szybciej przez zwiększenie objętości zastosowanego łącznika oponowego (np. nr 2) niż wyniku zwiększenia jej twardości (np. nr 4).

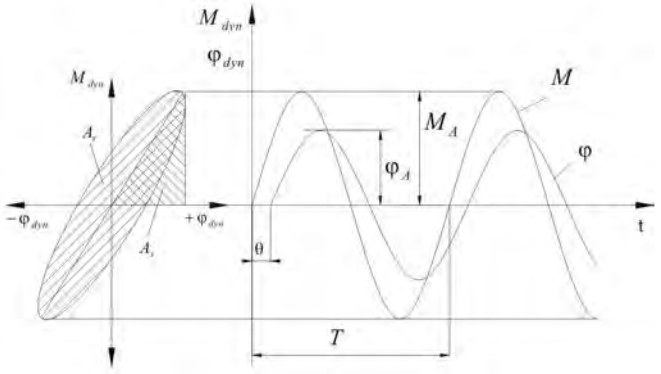


Rys. 5. Wpływ wstępnego obciążenia na charakterystykę dynamiczna sprzęgła podatnego
Fig. 5. Influence preload on the dynamic characteristics of flexible coupling

3.2. Bezwymiarowy współczynnik tłumienia łącznika podatnego

Narastanie względnego kąta skręcenia członów sprzęgła $\varphi(t)$ w czasie pracy następuje z pewnym opóźnieniem w stosunku do momentu dynamicznego $M_d(t)$ i w łączniku sprzęgła powstaje pętla histerezy, na podstawie, którego można wyznaczany jest bezwymiarowy współczynnik tłumienia ψ (7) elementu podatnego, gdzie pole A_r przedstawia wielkość powstałej pętli histerezy, a pole A_s pracę sprężystego odkształcenia [3]:

$$\psi = \frac{A_r}{A_s}. \tag{7}$$



Rys. 6. Pętla histerezy pod wpływem drgań wymuszonych harmonicznie
Fig. 6. Hysteresis loop under the influence of a harmonically forced vibration

Pole powierzchni histerezy ograniczonej elipsą (rys. 6) opisuje zależność:

$$A_r = \pi\, h\, \omega_s\, \varphi_A^2, \tag{8}$$

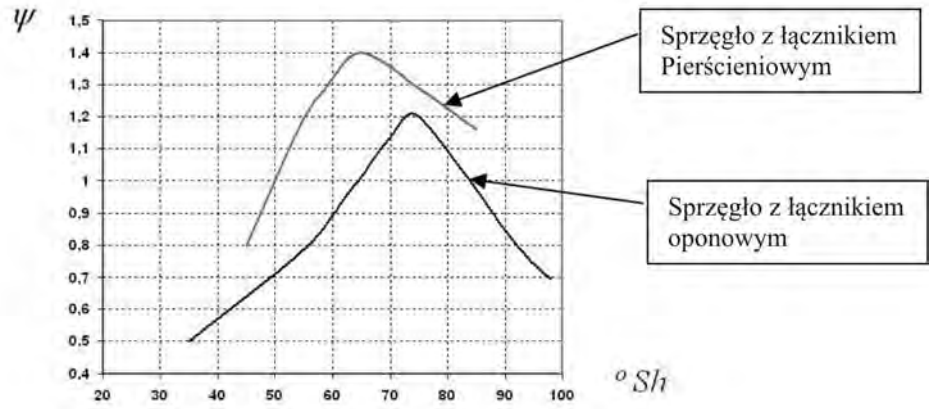
i przedstawia energię rozproszoną podczas jednego okresu. Natomiast pole sprężystego odkształcenia wkładki elastomerowej sprzęgła podatnego określa zależność:

$$A_s = \frac{1}{2} c \cdot \varphi_A^{\,2}. \tag{9}$$

Po podstawieniu zależności (8) i (9) do równania (13) otrzymuje się zależność 10

$$\psi = \frac{2\pi \cdot h \cdot \omega_s}{c_d}. \tag{10}$$

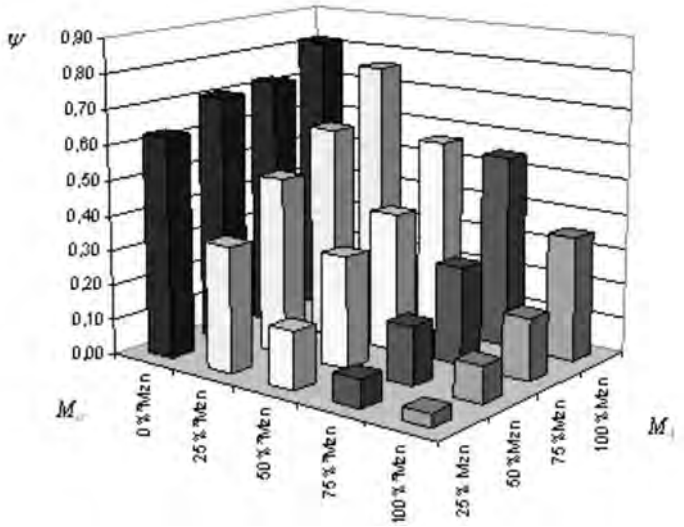
Względny współczynnik tłumienia ψ dla modelu Kelvina-Voigta jest proporcjonalny do współczynnika tłumienia wiskotycznego h i częstości drgań wymuszających ω_s, natomiast odwrotnie proporcjonalny do współczynnika sztywności dynamicznej sprzęgła c_d (rys. 7).



Rys. 7. Wpływ twardości łączników elastomerowych na wartość współczynnika tłumienia dla badanych sprzęgieł
Fig. 7. Influence hardness of elastomeric couplings on the value of damping factor for the tested couplings

Z przeprowadzonych badań wynika również, że względny współczynnik tłumienia Ψ zależy głównie od twardości łącznika zastosowanego do budowy sprzęgła podatnego skrętnie. Do sprzęgieł o najlepszych własnościach tłumiących, drgania skrętne w układzie napędowym, należą sprzęgła podatne z pierścieniem gumowym o twardości *65°Sh,* wynosi on $\psi=1,4$, natomiast sprzęgła oponowe posiadają $\psi=1,2$ przy twardości *74°Sh*.

Natomiast badania dynamiczne odnośnie współczynnika tłumienia ψ_d. Wartość tego współczynnika zależy głównie od składowej momentu M_A i M_{st}. Współczynnik ψ_d nie posia-



Rys. 8. Wartość współczynnika tłumienia $\psi_d=f(M_{st},M_A)$ dla sprzęgła oponowego przy $f=20Hz$
Fig. 8. Value of damping coefficient $\psi_d=f(M_{st},M_A)$ for a tire coupling przy $f=20Hz$

da, w przypadku sprzęgieł podatnych, wartości stałej i nie może być jednoznacznie określony, ponieważ ulega on zmianie w wyniku zmieniającej się amplitudy M_A. Może być on określony dla konkretnych warunków pracy w układzie napędowym. W miarę spadku częstości wymuszającej współczynnik tłumienia rośnie i największą wartość osiąga w obszarze przy niskich częstotliwościach wymuszających. Rysunek 8 przestawia jego wartość w układzie $\psi_d=f(M_A,M_{st})$. Można w ten sposób przyjąć, że dla badanych sprzęgieł, znaczący wpływ na zmianę współczynnika tłumienia posiadają zewnętrzne warunki obciążenia (M_{st} i M_A).

4. WNIOSKI

W oparciu o wyniki badań stwierdzono, że sztywność statyczna i dynamiczna uzależniona jest od objętości i twardości zastosowanego elastomeru do budowy sprzęgła podatnego. Wszystkie charakterystyki badanych sprzęgieł są nieliniowe ze względu na znaczne odkształcenia łącznika podatnego przy charakterystykach statycznych, natomiast charakterystyki dynamiczne, początkowo nieliniowe zmierzają do charakterystyk liniowych, głównie pod wpływem wzrostu obciążenia wstępnego i wzrostu częstotliwości wymuszającej.

Wyznaczone współczynniki tłumienia wykazały, że ich wartości uzależnione są głównie od wielkości amplitudy momentu wymuszającego i częstotliwości wymuszającej.

LITERATURA

1. Opasiak T. Rozruch przenośnika taśmowego z zastosowanym sprzęgłem podatnym" XVIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, TEMAG 2010, Gliwice--Ustroń 2010.
2. Opasiak T., Nowakowski P. The overload characteristics of flexible couplings in drive system of transportation machines. Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze, nr 4 (10) 2010.
3. Markusik S., Opasiak T. Wpływ zmian momentu obrotowego na charakterystykę statyczną i dynamiczną sprzęgieł podatnych. Problemy Transportu, t. 1, z. 1, Wyd. Pol. Śl., Gliwice 2006.
4. Opasiak T. Wpływ zmian momentu obrotowego na charakterystykę statyczną i dynamiczną sprzęgieł podatnych oponowych (rozprawa doktorska). Katedra Logistyki i Transportu Przemysłowego, Wydział Transportu, Politechnika Śląska 2005.

THE STUDY OF THE BASIC PARAMETERS OF FLEXIBLE COUPLINGS

Summary

This article presents a results of study of the basic parameters characterizing the flexible couplings. The study was limited to determine the static and dynamic characteristics. Based on these characteristics read out the coefficients of stiffness and damping. Tests were conducted on flexible coupling, with a tire rubber coupling and witch a ring rubber coupling.

Keywords: flexible coupling, static characteristic, dynamic characteristic, coefficients of stiffness, coefficients of damping.

Dominika Guzek*, Dominika Głąbska, Agnieszka Wierzbicka***

ZASTOSOWANIE KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZU DO PROGNOZOWANIA BARWY MIĘSA WOŁOWEGO PO OBRÓBCE CIEPLNEJ

Streszczenie. Celem pracy była ocena możliwości przewidywania barwy mięsa wołowego po obróbce cieplnej w oparciu o komputerową analizę obrazu mięsa surowego. Jako model wykorzystano łopatkę wołową, którą poddano obróbce cieplnej w piecu konwekcyjno-parowym. Dokonano pomiaru składowych barwy w systemie RGB, przy wykorzystaniu systemu komputerowej analizy obrazu. Stwierdzono, że składowe barwy R, G oraz B łopatki wołowej nie korelują z barwą mięsa po obróbce cieplnej, ale korelują z barwą jego zbrązowionej powierzchni. Możliwe jest zatem przewidywanie barwy zbrązowionej powierzchni mięsa łopatki wołowej po obróbce cieplnej w piecu konwekcyjno-parowym.

Słowa kluczowe: barwa, RGB, komputerowa analiza obrazu, obróbka cieplna, prognozowanie jakości.

WSTĘP

Barwa mięsa wołowego, stanowiąca istotny czynnik świadczący o jakości mięsa, stanowi przedmiot szczególnego zainteresowania nie tylko producentów żywności, ale przede wszystkim konsumentów. Wynika to z faktu, iż w momencie podejmowania decyzji o zakupie bądź spożyciu elementu kulinarnego mięsa wołowego to cechy wizualne, w tym między innymi barwa, wpływają na podejmowaną decyzję. Charakterystyczna barwa mięsa kojarzona jest ze smakowitością, jak również wysokimi walorami sensorycznymi. Barwa nie spełniająca oczekiwań konsumenta może spowodować brak decyzji o zakupie elementu kulinarnego [1]. Niektóre badania wskazują, że w momencie zakupu barwa jest dla konsumenta ważniejszym czynnikiem determinującym wybór rodzaju mięsa [2, 3].

Ocena barwy metodami instrumentalnymi jest szybkie, relatywnie tanie (niewymagające zużycia odczynników) i przede wszystkim niedestrukcyjne. Metody instrumentalne zapewniają obiektywny pomiar barwy, niezależny nie tylko od warunków zewnętrznych i oceniającego, ale również nie podlegający interferencji innych cech próby [4]. Podstawową metodą instrumentalną do analizy barwy mięsa wołowego jest pomiar składowych barwy w systemie RGB [5].

* Zakład Techniki w Żywieniu, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, dominika_guzek@sggw.pl

** Zakład Dietetyki, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, agnieszka_wierzbicka@sggw.pl

W odniesieniu do mięsa wołowego, jak również w innych dziedzinach przemysłu spożywczego, coraz intensywniej rozwijane są obecnie te kierunki, które związane są z szerszym zaangażowaniem narzędzi matematycznych i informatycznych w planowanie procesu produkcyjnego. Związane jest to między innymi z budową modeli prognostycznych, pozwalających, w oparciu o określone cechy surowca, przewidzieć charakterystykę produktu końcowego. W pracy analizowano możliwości przewidywania barwy mięsa wołowego po obróbce cieplnej w oparciu o komputerową analizę obrazu mięsa surowego.

MATERIAŁ I METODYKA

Materiał badawczy stanowiły próby elementów kulinarnych z mięsa wołowego (łopatka) krzyżówek towarowych ras mięsnych ze zwierząt wyhodowanych w ramach Projektu „Optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce zgodnie ze strategią od widelca do zagrody" (UDA-POIG.01.03.01-00-204/09-03). Z każdej sztuki bydła pobrano łopatkę, a z nich połowa poddana była ocenie przed obróbką cieplną (mięso surowe), a druga – po obróbce cieplnej. Obróbka cieplna prowadzona była w piecu konwekcyjno-parowym w temperaturze 180°C do momentu osiągnięcia 70°C w centrum geometrycznym próbki. Ocenie poddano próby z dwudziestu różnych łopatek wołowych, charakteryzujących się zróżnicowaną wartością odżywczą oraz cechami fizycznymi.

Próby surowego mięsa wołowego zostały poddane komputerowej analizie obrazu, zgodnie z powszechnie przyjętą metodyką, po upływie 30 minut od wyjęcia prób z opakowania i podzielenia ich na plastry o grubości 2,54 cm [6]. W przypadku prób mięsa poddanego obróbce cieplnej, próby zostały poddane analizie, zgodnie z powszechnie przyjętą metodyką, po upływie 30 minut od zakończenia obróbki cieplnej, kiedy osiągnęły one temperaturę pokojową [7].

Analiza prób obejmowała ocenę składowych barwy tkanki mięśniowej surowego mięsa wołowego, ocenę barwy tkanki mięśniowej mięsa wołowego po obróbce cieplnej w przekroju i ocenę barwy zbrązowionej powierzchni mięsa wołowego po obróbce cieplnej.

W przypadku każdego steku dokonano:

- akwizycji obrazu (dwie fotografie – obu stron steku lub dwóch przekrojów),
- segmentacji pobranego obrazu w celu wyizolowania punktów barwnych (pikseli) tkanki mięśniowej od punktów barwnych tkanki tłuszczowej i tkanki łącznej,
- losowego wyboru dziesięciu punktów barwnych tkanki mięśniowej w przypadku każdej fotografii poddanej akwizycji,
- oceny składowych barwy każdego punktu barwnego,
- wyliczenia średniej składowych barwy dla każdej próby (średnia z 10 punktów dla 2 stron steku).

W procesie analizy obrazu wykorzystywano oprogramowanie Image-Pro Plus 7. Jest to specjalistyczne narzędzie do przetwarzania i analizy obrazu, które pozwala na odczyt, analizę i zapis obrazów w różnych formatach. Pomiar barwy dokonany był w modelu przestrzeni barw, opisywanej współrzędnymi RGB: R – red (czerwonej), G – green (zielonej)

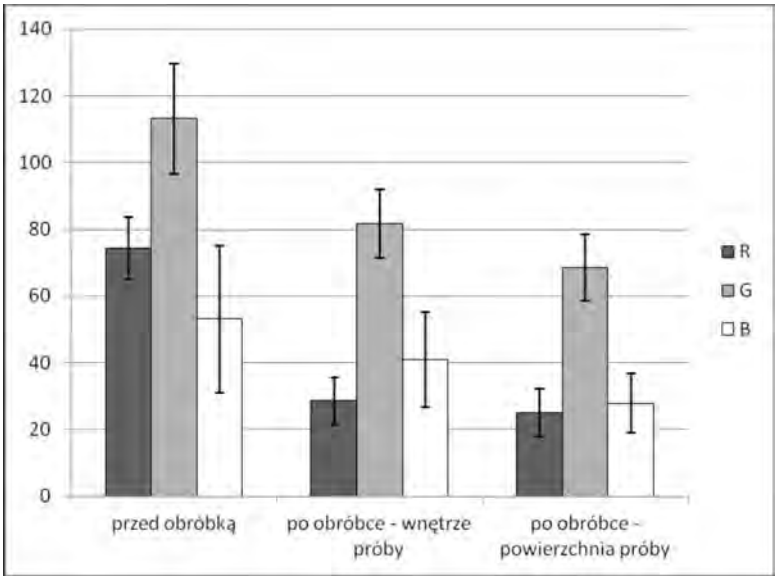
i B – blue (niebieskiej), czyli modelu wynikającym z właściwości odbiorczych ludzkiego oka, powszechnie stosowanego w analizie żywności [8].

Analizę statystyczną z zastosowaniem współczynnika korelacji Pearsona wykonano w programie Statistica 8,0 (StatSoft, Inc.). Przy określaniu istotności różnic przyjęto poziom istotności $\alpha \leq 0,05$, a poziom $\alpha \leq 0,1$ przyjęto jako bliski istotności statystycznej.

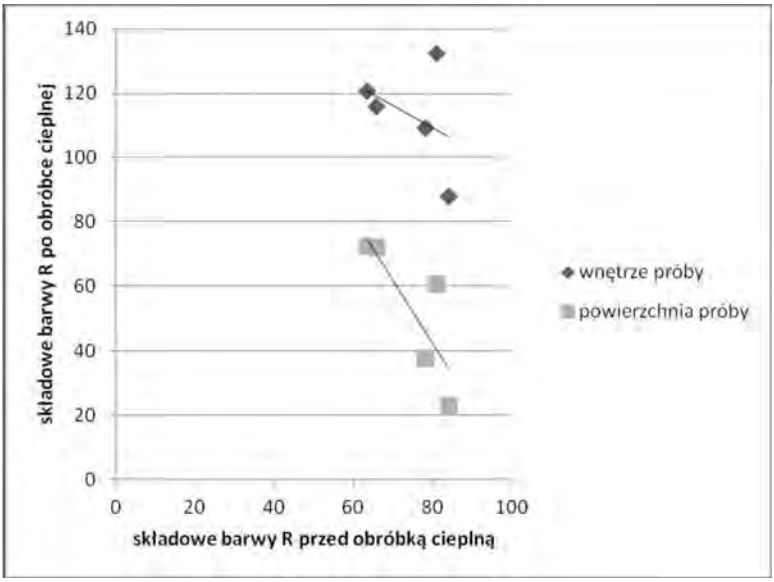
WYNIKI I DYSKUSJA

Składowe barwy prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej prowadzonej w piecu konwekcyjno-parowym przedstawiono na rysunku 1. Badania dotyczące zmian barwy powierzchni produktów spożywczych pozwalają na określenie stałych zmian cech jakościowych [9]. W przypadku mięsa, nie tylko wołowego, ma to szczególne znaczenie dla przewidywania jakości, biorąc pod uwagę, że barwa (zarówno mięsa, jak i tłuszczu) jest tą podstawową własnością fizyczną produktów spożywczych, która wykazuje dobrze udokumentowane korelacje z innymi cechami fizycznymi, chemicznymi, jak i sensorycznymi produktu [10].

Dokonano analizy korelacji składowych barwy R, G oraz B przed i po obróbce cieplnej, przy czym korelowano wartości poszczególnych składowych przed obróbką z wartościami składowych barwy mięsa oraz jego zbrązowionej powierzchni. Zależność między składowymi barwy R prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej prowadzonej w piecu



Rys. 1. Składowe barwy prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej prowadzonej w piecu konwekcyjno-parowym
Fig. 1. Components of colour of beef blade before and after thermal treatment conducted in steam-convection oven



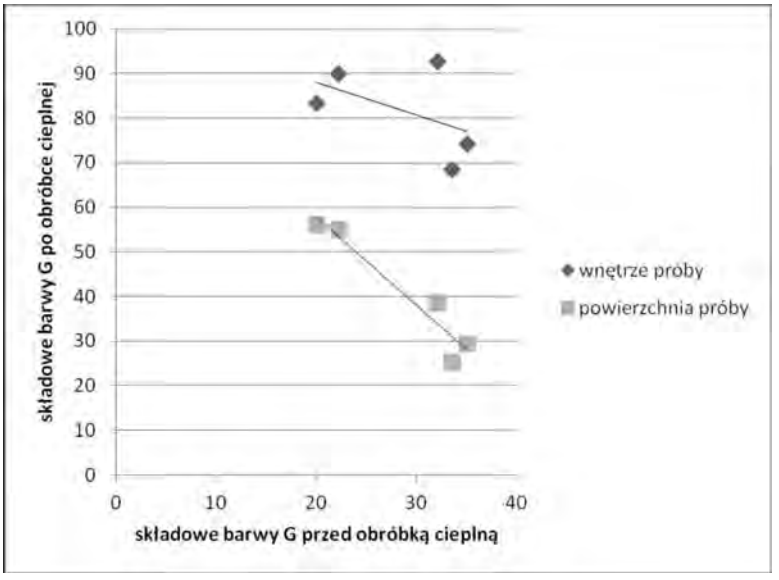
Rys. 2. Zależność między składowymi barwy R prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej prowadzonej w piecu konwekcyjno-parowym (wnętrze próby – p= 0,519; R = -0,3875; powierzchnia próby – p = 0,087; R = -0,8226)

Fig. 2. Correlation between R component of colour of beef blade before and after thermal treatment conducted in steam-convection oven (meat – p= 0,519; R = -0,3875; browned surface of meat – p = 0,087; R = -0,8226)

konwekcyjno-parowym przedstawiono na rysunku 2. W przypadku wnętrza plastra mięsa stwierdzono brak korelacji składowej R (p= 0,519; R = -0,3875), ale w przypadku zbrązowionej powierzchni zależność była bliska istotności statystycznej (p = 0,087; R = -0,8226). Zależność między składowymi barwy G prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej prowadzonej w piecu konwekcyjno-parowym przedstawiono na rysunku 3. W przypadku wnętrza próby stwierdzono brak korelacji składowej G (p= 0,391; R = -0,5002), ale w przypadku zbrązowionej powierzchni zależność była istotna statystycznie (p = 0,009; R = -0,9807). Zależność między składowymi barwy B prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej prowadzonej w piecu konwekcyjno-parowym przedstawiono na rysunku 4. W przypadku wnętrza łopatki wołowej stwierdzono brak korelacji składowej B (p= 0,134; R = -0,7629), ale w przypadku zbrązowionej powierzchni zależność była istotna statystycznie (p = 0,002; R = -0,9868).

Zbrązowiona powierzchnia próby mięsa wołowego po obróbce cieplnej jest wynikiem zachodzących reakcji Maillarda jako nieenzymatycznych interakcji między aminokwasami i cukrami redukującymi [11]. Reakcje te wpływają na powstanie różnych produktów pośrednich i uzyskanie brązowego, charakterystycznego zabawienia, przez tworzenie melanoidyny, i tym samym na zmianę składowych barwy [12].

Również w badaniach innych autorów dotyczących zmiany barwy mięsa wołowego można stwierdzić silne korelacje między niektórymi składowymi barwy, co świadczy o tym,

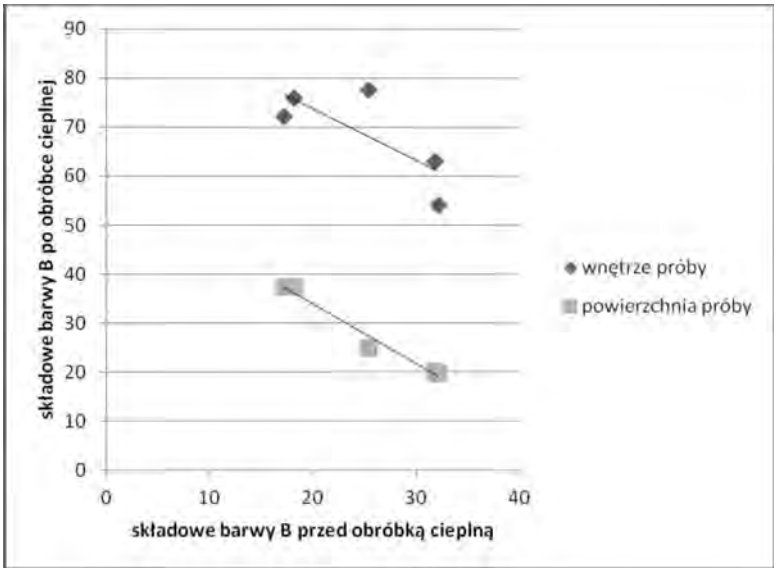


Rys. 3. Zależność między składowymi barwy G prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej prowadzonej w piecu konwekcyjno-parowym (wnętrze próby – p= 0,391; R = -0,5002; powierzchnia próby – p = 0,009; R = -0,9807)

Fig. 3. Correlation between G component of colour of beef blade before and after thermal treatment conducted in steam-convection oven (meat – p= 0,391; R = -0,5002; browned surface of meat – p = 0,009; R = -0,9807)

że komputerowa analiza obrazów może mieć zastosowanie jako szybka i precyzyjna metoda określania barwy mięsa i może posłużyć do prognozowania wybranych cech [13]. Mimo iż nie stwierdzono korelacji składowych barwy mięsa przed obróbką, z przekrojem mięsa po obróbce, to w przypadku wszystkich składowych barwy (R, G, B) stwierdzono istotne lub bliskie istotności statystycznej zależności składowych barwy mięsa przed obróbką z barwą zbrązowionej powierzchni próby. Badania te znajdują potwierdzenie w informacjach przytaczanych przez innych badaczy, że umiejętne zastosowanie analizy barwy może skutkować rzetelną oceną i prognozowaniem jakości analizowanych produktów spożywczych [14].

Przytoczone obserwacje, poparte analizą statystyczną, wskazują na możliwość budowy modelu predykcyjnego, pozwalającego wnioskować o pewnych cechach produktu, w oparciu o wyniki analizy określonych cech surowca. Po przeprowadzeniu dalszych badań – dotyczących obróbki prowadzonej w różnych warunkach, a przede wszystkim w różnych temperaturach i różnym czasie, możliwe byłoby kompleksowe potraktowanie tego zagadnienia. Możliwe jest prognozowanie barwy mięsa poddanego obróbce cieplnej na podstawie barwy mięsa surowego oraz informacji dotyczących założonych warunków procesu. Jest to związane z tym, że za barwę zbrązowionej powierzchni mięsa wołowego odpowiadają nie tylko aminokwasy i cukry redukujące znajdujące się w mięsie surowym, ale również warunki prowadzenia obróbki cieplnej, co w konsekwencji może wpływać na preferencje konsumentów w odniesieniu do mięsa [15].



Rys. 4. Zależność między składowymi barwy B prób łopatki wołowej przed i po obróbce cieplnej prowadzonej w piecu konwekcyjno-parowym (wnętrze próby – p= 0,134; R = -0,7629; powierzchnia próby – p = 0,002; R = -0,9868)
Fig. 4. Correlation between B component of colour of beef blade before and after thermal treatment conducted in steam-convection oven (meat – p= 0,134; R = -0,7629; browned surface of meat – p = 0,002; R = -0,9868)

Reasumując, reakcje chemiczne zachodzące w trakcie procesu obróbki cieplnej produktów spożywczych, w tym mięsa wpływają nie tylko na zmianę wartości odżywczej, ale także cech wizualnych produktu, w tym jego barwy. Proces obróbki cieplnej prowadzony w domu, czy też w gastronomii powinien, poza uzyskaniem pożądanych cech sensorycznych, gwarantować również bezpieczeństwo mikrobiologiczne [15]. Zakładając, że ten podstawowy warunek jest spełniony, to instrumentalna ocena wizualna, korespondująca z oceną konsumencką, może znaleźć swoje szczególne miejsce w przemyśle spożywczym, jako jeden z istotnych czynników określania jakości mięsa po obróbce cieplnej i przewidywaniem akceptowalności konsumenckiej [11].

WNIOSKI

Analiza wyników pozwoliła określić następujące wnioski:

1. W badanych próbach łopatki wołowej po obróbce cieplnej w piecu konwekcyjno-parowym stwierdzono, że składowe barwy surowego mięsa wołowego mierzone w systemie RGB, nie korelują z barwą mięsa po obróbce cieplnej, ale korelują z barwą zbrązowionej powierzchni próby.

2. Barwa surowego mięsa wołowego (łopatki) stanowić może, przy stałych warunkach prowadzenia procesu obróbki cieplnej, dobry wskaźnik prognozowania barwy powierzchni tego mięsa po obróbce cieplnej.
3. Istnieje możliwość przewidywania barwy zbrązowionej powierzchni mięsa wołowego po obróbce cieplnej w oparciu o komputerową analizę obrazu przy założonych warunkach procesu.

BIBLIOGRAFIA

1. Leon K., Mery D., Pedreschi F., Leon J.: Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images. Food Research International, vol. 39. 2006: 1084-1091.
2. Iqbal A., Valous N. A., Mendoza F., Sun D.-W., Allen P.: Classification of pre-sliced pork and Turkey ham qualities based on image colour and textural features and their relationships with consumer responses. Meat Science, vol. 84. 2010: 455-465.
3. Valous N. A., Mendoza F., Sun D.-W., Allen P.: Colour calibration of a laboratory computer vision system for quality evaluation of pre-sliced hams. Meat Science, vol. 81. 2009: 132-141.
4. Abdullah M. Z., Guan L. C., Lim K. C., Karim A. A.: The applications of computer vision system and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food. Journal of Food Engineering. vol. 6. 2004: 125-135.
5. Tan J.: Meat quality evaluation by computer vision. Journal of Food Engineering, vol. 61. 2004: 27-35.
6. Tapp W. N., Yancey J. W. S., Apple J. K.: How is the instrumental color of meat measured? Meat Science, vol. 89 (1). 2011: 1-5.
7. Barbera S., Tassone S.: Meat cooking shrinkage: Measurement of a new meat quality parameter. Meat Science, vol. 73(3). 2006: 467-474.
8. Sun X., Chen K., Berg E. P., Magolski J. D.: Predicting Fresh Beef Color Grade Using Machine Vision Imaging and Support Vector Machine (SVM) Analysis. Journal of Animal and Veterinary Advances, vol. 10 (12). 2011: 1504-1511.
9. Briones V., Aguilera J. M.: Image analysis of changes in surface color of chocolate. Food Research International, vol. 38. 2005: 87-94.
10. Mendoza F., Dejmek P., Aguilera J. M.: Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. Postharvest Biology and Technology, vol. 41 (3), 2006: 285-295.
11. Mogol B. C., Yıldırım A., Gokmen V.: Inhibition of enzymatic browning in actual food systems by the Maillard reaction products. Journal of the Science of Food and Agriculture, vol. 90 (15). 2010: 2556-256.
12. Saricoban C., Yilmaz M. T.: Modelling the Effects of Processing Factors on the Changes in Colour Parameters of Cooked Meatballs Using Response Surface Methodology. World Applied Sciences Journal, vol. 9 (1). 2010: 14-22.
13. Larraín R. E., Schaefer D. M., Reed J. D.: Use of digital images to estimate CIE color coordinates of beef. Food Research International, vol. 41. 2008: 380-385.

14. De Silva L.C., Pereira A., Punchihewa A.: "Food Classification using Color Imaging", published in the proceedings of the Annual Conference on Image and Vision Computing (IVCNZ 2005), University of Otago, Dunedin, New Zealand, 28-29 November 2005.
15. King N. J., Whyte R.: Does it look cooked? A review of factors that influence cooked meat color. Journal of Food Science, vol. 71. 2006: 31-40.

Badania zostały wykonane przez Zespół Komputerowej Analizy Obrazu w ramach Projektu „Optymalizacja produkcji wołowiny w Polsce zgodnie ze strategią od widelca do zagrody" współfinansowanego przez Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (nr umowy UDA-POIG.01.03.01-00-204/09-03)

APPLICATION OF COMPUTER IMAGE ANALYSIS FOR BEEF BLADE COLOUR AFTER THERMAL TREATMENT PREDICTION

Summary

The aim of the presented research was to assess the possibilities of colour of beef after thermal treatment prediction, on the basis of computer image analysis of beef before thermal treatment. The applied model was beef blade and thermal treatment was conducted in steam-convection oven. The measurement of RGB compon ents of colour was conducted, using the computer image analysis system. It was observed, that R, G and B components of colour of beef blade were not correlated with components of colour of meat after thermal treatment, but were correlated with components of colour of browned surface of meat. It was concluded, that prediction of colour of browned surface of meat after thermal treatment conducted in steam-convection oven is possible.

Key words: colour, RGB, computer image analysis, thermal treatment, quality prediction.

Tomasz Leszczuk*, Krzysztof Miastkowski*

METODY OKREŚLANIA PARAMETRÓW GEOMETRYCZNYCH SYPKICH NAWOZÓW ROLNICZYCH I OGRODNICZYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących pomiaru wielkości średnicy cząstek nawozów rolniczych i ogrodniczych obecnych na polskim rynku handlowym. W badaniach posłużono się programem komputerowym: AnalySis FIVE i zestawem sit wykorzystywanych w granulometrii sitowej. Oprogramowanie to jest najnowszą wersją systemu komputerowego umożliwiającego analizę obrazów, mogącego współpracować z różnymi urządzeniami zewnętrznymi (kamerą, skanerem itd.). Przedstawiono wnioski charakteryzujące obie metody pomiaru.

Słowa kluczowe: komputerowa analiza obrazu, granulometria sitowa, nawozy rolnicze i ogrodnicze, pomiar.

WSTĘP

W rolnictwie i ogrodnictwie mamy do czynienia z różnymi materiałami sypkimi takimi jak np. ziarno zbóż oraz produkty ich rozdrabniania, nasiona innych gatunków roślin uprawowych, nawozy rolnicze i ogrodnicze, środki ochrony roślin, pasze przemysłowe itp.

Materiał ziarnisty, który charakteryzuje się jednakowym wymiarem ziaren nosi nazwę monodyspercyjnego i występuje w rzeczywistych produktach pochodzenia biologicznego bardzo rzadko. Zwykle mamy do czynienia z materiałem polidyspercyjnym, który składa się z ziaren o różnych wymiarach. Skład materiału ziarnistego ma duże znaczenie w operacjach mechanicznych (np. transporcie mechanicznym, procesach dyfuzyjnych, dawkowaniu nawozów).

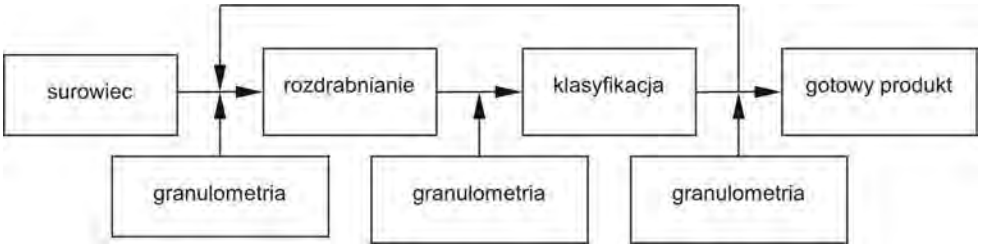
Metody pomiaru i analiza kształtu ziaren jak również badanie procentowej ich zawartości w rozdrobnionym materiale nazywane są granulometrią [3, 10]. Potrzebę zastosowania granulometrii w produkcji przedstawiono na rysunku 1.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach wykorzystano nawozy ogrodnicze i rolnicze:

- nawóz ogrodniczy: A,
- nawóz rolniczy: B.

* Wydział Mechaniczny, Zakład Techniki Rolno Spożywczej, Politechnika Białostocka
tomasz.leszczuk@wp.pl



Rys. 1. Zastosowanie granulometrii w procesie produkcyjnym
Fig. 1. The use of grain size in the production process

Badania pomiaru maksymalnej średnicy cząstek nawozu prowadzono przy wykorzystaniu: komputerowej analizy obrazu (KAO) oraz analizy sitowej.

Komputerowa analiza obrazu umożliwia na podstawie obrazów przedstawiających materiał sypki (w postaci cyfrowej) pomiar wielkości geometrycznych cząstek nawozów rolniczych. [1, 4, 8, 9].

Analiza sitowa jest tradycyjną metodą charakteryzowania składu granulometrycznego poprzez wyznaczenie procentowego udziału masowego cząstek o różnych rozmiarach w mieszaninie sypkiej [6].

Na rysunku 2 przedstawiono stanowisko badawcze do pomiaru średnicy cząstek nawozu za pomocą komputerowej analizy obrazu. Wykorzystano aparat cyfrowy Kodak EasyShare C913, o parametrach: 9,2 mega pixels, 3x optical zoom oraz komputer wraz z zainstalowanym programem użytkowym: AnaliSys 5.

Rys. 2. Stanowisko do komputerowej analizy obrazu: 1 – blat pomiarowy, 2 – nawóz, 3 – aparat fotograficzny, 4 – oświetlenie, 5 – komputer z oprogramowaniem
Fig. 2. Position the computer image analysis: 1 – measuring top, 2 – the test fertilizer, 3 – camera, 4 – lighting, 5 – computer software

Stanowisko składa się z blatu pomiarowego, na którym umieszczono badany nawóz, elementów oświetleniowych, aparatu fotograficznego oraz komputera z oprogramowaniem.

Granule nawozu znajdują się na środku stolika, a odległość i kąt ustawienia aparatu fotograficznego jest dobrany w sposób umożliwiający właściwe uchwycenie wszystkich badanych elementów. Każda pojedyncza cząstka znajdująca się na blacie nie dotyka się z inną cząstką nawozu. W ten sposób eliminuje się błędy pomiarowe, które mogą wystąpić podczas pomiaru. Blat pomiarowy jest bardzo ważnym elementem, zapewniającym wysoki kontrast badanego obiektu oraz jego tła. Silne, jednokierunkowe oświetlenie od strony aparatu fotograficznego zapewnia usunięcie cieni i znacznie wpływa na jakość otrzymanego zdjęcia. Ze względu na potrzebę zachowania powtarzalności pomiarów głównym źródłem oświetlenia są tylko lampy wewnętrzne. Dobór natężenia oświetlenia odbywa się z uwzględnieniem zakresów czułości aparatu fotograficznego.

Komputerowa analiza obrazu składa się z etapów [1, 11]:

- uzyskiwania obrazu o właściwej jakości, który może być poddawany komputerowej analizie (akwizycja) i nadanie mu odpowiedniej rozdzielczości i kontrastowości. Akwizycja odbywa się za pomocą aparatu fotograficznego,
- wstępnego przetwarzania obrazu, zwykle proces ten polega na przefiltrowaniu obrazu i zapisie w pełnej skali poziomów jasności,
- binaryzacji obrazu zwanej również segmentacją progową. Segmentacja obrazu polega na podziale obrazu na rozłączne obszary o określonych cechach. W szczególnym przypadku segmentacja ma na celu wydzielenie z tła tych struktur, które będą podlegały dalszej analizie,
- kalibracji obrazu cyfrowego, za pomocą pomiaru długości płytki wzorcowej umieszczonej na blacie pomiarowym,
- wyboru jednostki pomiarowej w której wykonane będą pomiary,
- pomiaru wybranych parametrów geometrycznych wydzielonych części obrazu, w tym przypadku – maksymalnej średnicy,
- zapisu otrzymanych wyników.

Program AnaliSys 5 umożliwia pomiar wielu parametrów geometrycznych ciał stałych takich jak: powierzchnia, obwód, wydłużenie, średnica ziarna (minimalna, maksymalna), promień krzywizny.

W praktyce rolniczej każdy z nawozów należy stosować w ściśle określonej dawce, dostosowanej do potrzeb pokarmowych roślin. Automatyzację procesu precyzyjnego nawożenia umożliwia specjalnie skonstruowane urządzenia zwane aplikatorem. Dokładność dawkowania nawozu jest uzależniona od procentowego udziału w nawozie jego poszczególnych frakcji oraz maksymalnej średnicy nawozu.

Metoda komputerowa analiza obrazu umożliwi pomiar maksymalnej wielkości średnicy, cząstek nawozów rolniczych i ogrodniczych.

Na rysunku 3 przedstawiono drugie stanowisko badawcze do pomiaru średnicy cząstek nawozu. Wykorzystano wstrząsarkę laboratoryjną Typ LPzE-2e wraz z sitami, wyprodukowaną przez firmę MULTISERW-Morek.

Rys. 3. Stanowisko badawcze do oceny *składu granulometrycznego* nawozów rolniczych i ogrodniczych za pomocą analizy sitowej
Fig. 3. The test stand to evaluate the granulometric composition of agricultural and garden fertilizers by sieve analysis

Parametry techniczne wstrząsarki przedstawiono tabeli 1.

Tabela 1. Parametry techniczne wstrząsarki laboratoryjnej LPzE-2e

Table 1. Technical parameters of the laboratory shaker LPzE-2e

L.p.	Parametr	Wartość	Jednostka
1.	Średnica robocza sita	0,193	[m]
2.	Wysokość robocza sita	0,025 – 0,050	[m]
3.	Masa próbki	0,0 – 1,5	[kg]
4.	Amplituda (drgania pionowo skrętne)	0,0 – 2,5	[mm]
5.	Częstotliwość drgań [Hz]	50	[Hz]
6.	Czas pracy nastawny	0,0 – 99	[min]
7.	Waga wstrząsarki	25	[kg]
8.	Zasilanie	230	[v]

Analiza sitowa jest jedną z metod analizy granulometrycznej. Pozwala określić skład ziarnowy przesiewanego materiału [2]. Metoda ta polega na rozdziale materiału ziarnistego na frakcje zawierające ziarna o różniej wielkości, poprzez przesiewanie przez zestaw sit, w wyniku czego ziarna o odpowiednich średnicach pozostają na kolejnych sitach (o coraz mniejszych oczkach). Po zważeniu poszczególnych klas ziarnowych określa się ile procent materiału pozostało na każdym sicie w stosunku do całości materiału.

Analizę sitową przeprowadzono metodą na sucho, zgodnie z PN-ISO 2591-1. Do badań pobrano losowo próbki nawozów o masie 300 gram. Na wstrząsarce ustawiono sita od najmniejszego do największego, od góry szczelnie nakryto. Na dole wstrząsarki umieszczono denko. Wstrząsano przez 3 minuty. Po upływie 3 minut przerywano przesiewanie mechanicznie i prowadzono przesiewanie ręczne zgodnie z wytycznymi zawartymi w PN, przesiewając nawóz na każdym sicie z osobna. Przesiewanie uznano za zakończone, gdy ilość przesiewu zebrana na kartce papieru w dwóch kolejnych próbkach kontrolnych nie różniła się od siebie więcej niż o 0,1% masy ładunku. Po zakończonym procesie przesiewania, omiatając powierzchnię sit oraz obrzeże miękką szczoteczką, zważono poszczególne frakcje zgromadzone na sitach z dokładnością do 0,001 kg. Na podstawie pomiarów, opracowano wyniki, obliczając procentowe udziały masowe zatrzymanej frakcji na sicie o danym oczku. Wykorzystując program Statistica sporządzono histogram.

W trakcie wykonywania analizy w celu wyeliminowania błędu rzutującego na otrzymane wyniki, wykonano dla każdego z nawozu dwie analizy, przy czym dla każdej z klas ziarnowych różnica wyników z obydwu analiz nie przekroczyła 5%. Jako wynik końcowy przyjęto średnią arytmetyczną wyników poszczególnych analiz.

WYNIKI BADAŃ

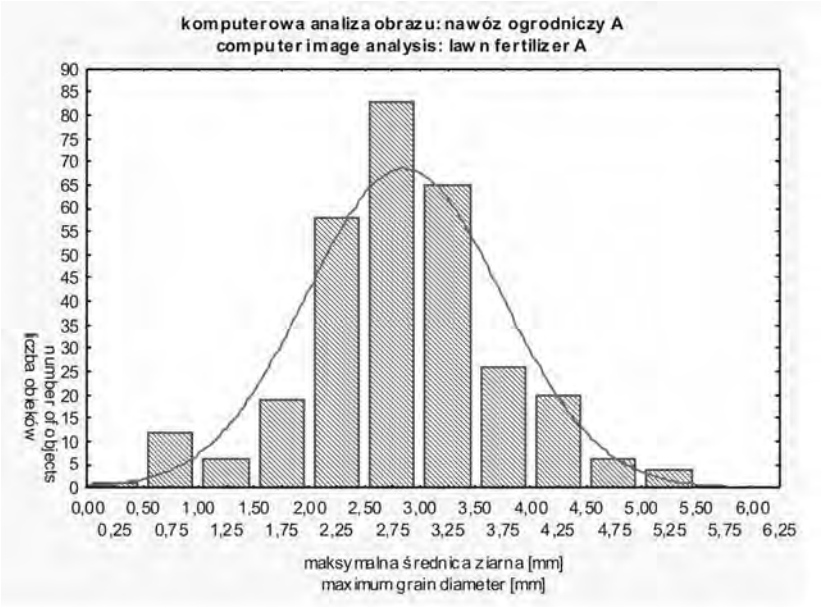
Wyniki opracowano przy pomocy programu komputerowego: Statistica 9 i przedstawiono na rysunku 4 i 5. W tabeli 2 umieszczono otrzymane wyniki uzyskane za pomocą programu Analisys 5.

Średnia wartość maksymalnej średnicy cząstek zmierzona za pomocą komputerowej analizy obrazu wyniosła odpowiednio 2,843 mm dla nawozu A i 5,264 mm dla nawozu B.

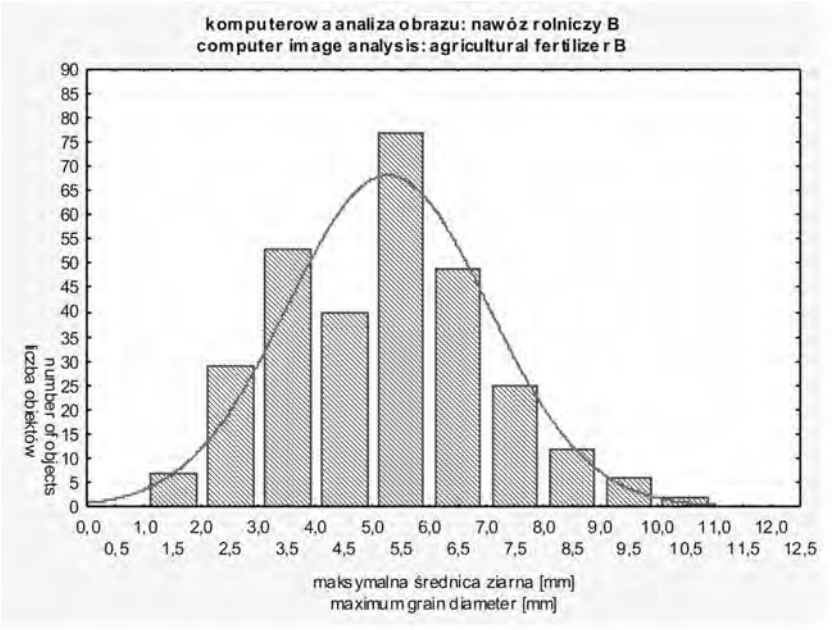
Tabela 2. Wyniki badanych nawozów uzyskanych za pomocą programu Analisys 5

Table 2. The results obtained fertilizers tested using Analisys 5

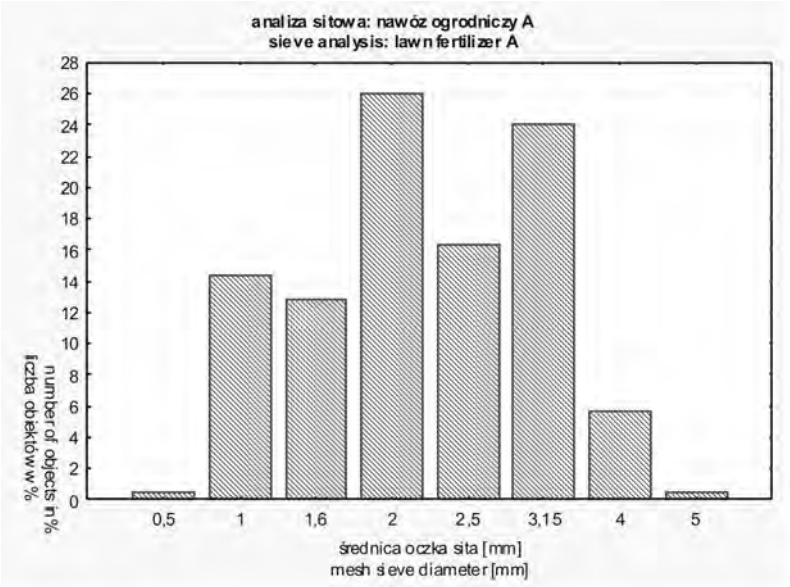
L.p.	Badany nawóz	Uzyskane wartości				
		ważnych wyników	średnia wartość średnicy	minimalna wartość średnicy	maksymalna wartość średnicy	odchylenie standardowe
1.	Nawóz ogrodniczy: A	300,0	2,843	0,230	5,433	0,873
2.	Nawóz rolniczy: B	300,0	5,264	1,044	10,687	1,757



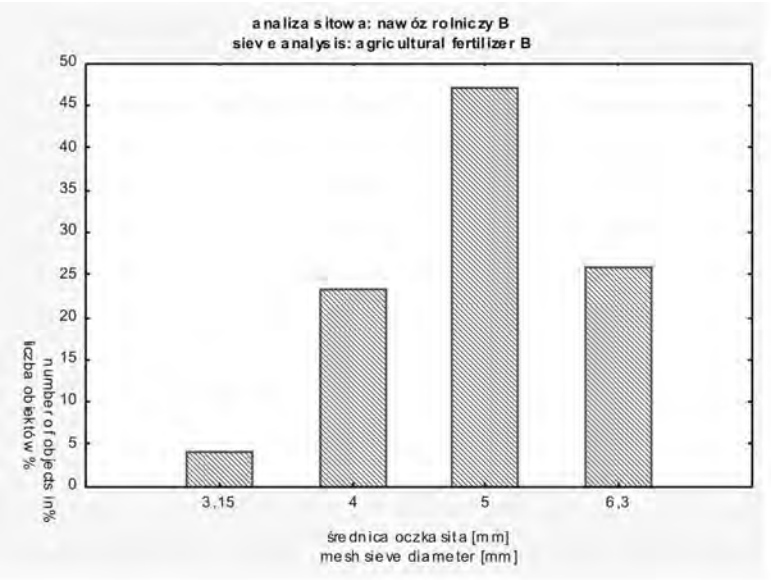
Rys. 4. Rozkład statystyczny średnicy nawozu: nawóz ogrodniczy A
Fig. 4. Statistical distribution of fertilizer in diameter: lawn fertizer A



Rys. 5. Rozkład statystyczny średnicy nawozu rolniczego B
Fig. 5. Statistical distribution of the diameter of agricultural fertilizer B



Rys. 6. Rozkład granulometryczny nawozu ogrodniczego A, uzyskany za pomocą analizy sitowej
Fig. 6. The size distribution of horticultural fertilizer A, obtained by sieving



Rys. 7. Rozkład granulometryczny nawozu rolniczego A, uzyskany za pomocą analizy sitowej
Fig. 7. The size distribution of fertilizer A, farm obtained by sieving

Tabela 3. Wyniki analizy sitowej dla nawozu ogrodniczego A

Table 3. Results of sieve analysis for garden fertilizer A

Wielkość ziarna d [mm]	Frakcje sitowe		Nominalna wielkość oczka [mm]	Zbiorcze podziarno [%]
	[g]	[%]		
$d > 5{,}00$	1	0,51	5,00	99,49
$5{,}00 \geq d > 4{,}00$	11	5,61	4,00	93,88
$4{,}00 \geq d > 3{,}15$	47	23,98	3,15	69,90
$3{,}15 \geq d > 2{,}50$	32	16,33	2,50	53,57
$2{,}50 \geq d > 2{,}00$	51	26,02	2,00	27,55
$2{,}00 \geq d > 1{,}60$	25	12,76	1,60	14,79
$1{,}60 \geq d > 1{,}00$	28	14,29	1,00	0,5
$d \leq 1{,}00$	1	0,51	końcowe podziarno	
Suma	196	100	–	–
Masa wyjściowa: 200 g Suma mas frakcji: 196 g Straty: 4 g = 2%				

Tabela 4. Wyniki analizy sitowej dla nawozu rolniczego B

Table 4. Results of sieve analysis for agricultural fertilizer B

Wielkość ziarna d [mm]	Frakcje sitowe		Nominalna wielkość oczka [mm]	Zbiorcze podziarno [%]
	[g]	[%]		
$d > 6{,}30$	51	25,62	6,30	74,5
$6{,}30 \geq d > 5{,}00$	94	47,23	5,00	27,23
$5{,}00 \geq d > 4{,}00$	46	23,11	4,00	3,96
$4{,}00 \geq d > 3{,}15$	8	4,02	3,15	końcowe podziarno
Suma	199	100	–	–
Masa wyjściowa: 200 g Suma mas frakcji: 199 g Straty: 1 g = 0,5%				

Wyniki analizy sitowej, na podstawie uzyskanych wag odsiewów wskazują, że średnia wartość maksymalnej średnica ziarna nawozu A mieści się w zakresie od 3,150 mm do 2,500 mm zaś nawozu B w zakresie od 5,000 mm do 6,300 mm. Suma mas poszczególnych ziaren nie różni się więcej niż 2% od całkowitej masy ładunku w przypadku nawozu ogrodniczego A i 0,5% w przypadku nawozu rolniczego B.

Mała *wartość* odchylenia standardowego przy pomiarach wielkości średnicy, cząstek nawozów w komputerowej analizie obrazu świadczy o tym, że wyniki pomiarów są skupione wokół średniej wartości i mogą różnić się od swej wartości średniej, dla nawozu ogrodniczego A o 0,873. Duża wartość tego parametru uzyskana dla nawozu ogrodniczego B świadczy o dużym rozrzucie wyników pomiarowych.

PODSUMOWANIE i WNIOSKI

Mierzona maksymalna średnica jest parametrem, który odgrywa ważną rolę w procesie aplikacji nawozów. Równomierność i powtarzalność dawki nawozu zależy od wymiarów poszczególnych cząstek.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów sformułowano następujące wnioski:

- w przypadku pomiaru średnicy cząstek nawozu, przestawione metody można stosować zamiennie,
- metoda pomiaru z wykorzystaniem komputerowej analizy obrazu podaje dokładny wymiar każdego pojedynczego ziarna zaś analiza sitowa tylko zakres, do którego ono należy. Uwarunkowane to jest rodzajem sit a konkretnie rozmiarem ich oczek,
- do komputerowej analizy obrazu próbkę do badań pobiera się znacznie mniejszą niż w przypadku analizy sitowej. W analizie sitowej jej masa wynosi do 1500 g, w komputerowej analizie obrazu około15 g.

BIBLIOGRAFIA

1. Borowski G. Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do badań struktury brykietów z materiałów drobnoziarnistych. Postępy Nauki i Techniki, nr 1, 2007: 17–24.
2. Chlebowski J., Nowakowski T. Analiza stopnia rozdrobnienia ziarna pszenicy. Inżynieria Rolnicza, nr 1(99) 2008.
3. Encyklopedia popularna. PWN, 2006.
4. Hann D., Strazisar J. Influence of Particle Size Distribution, Moisture Content, and Particle Shape on the Flow Properties of Bulk Solids; Instrumentation Science and Technology, 35, 2007: 571–584.
5. Kubiak J. 2007. Technika precyzyjnego nawożenia krzewów ozdobnych w uprawach kontenerowych. Inżynieria Rolnicza, nr 9(97): 79–78.
6. Malczewski J. Mechanika materiałów sypkich – operacje jednostkowe, Politechnika Warszawska, Warszawa 1990.
7. Suchecki W. Metody opracowania wyników pomiarów. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Płock 1999.
8. Szala J. Zastosowanie metod komputerowej analizy obrazu do ilościowej oceny struktury materiałów. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, 61, Gliwice 2001.
9. Tukiendorf M., Szwedziak K., Sobkowicz J. Określenie czystości ziarna konsumpcyjnego za pomocą komputerowej analizy obrazu, Inżynieria Rolnicza, nr 12(87), 2006: 519–525.
10. Wiśniakowska L. Słownik wyrazów obcych. PWN, Warszawa 2005.
11. Zieliński W.K., Strzelecki M. Komputerowa analiza obrazu biomedycznego. Wstęp do morfometrii i patologii ilościowej. PWN, Warszawa-Łódź 2002.

METHOD FOR DETERMINING GEOMETRIC PARAMETERS OF LOOSE FERTILIZERS AGRICULTURAL AND HORTICULTURAL

Summary

The results of studies measuring the diameter of the agricultural and horticultural fertilizer present in the Polish markets for trade. The study used a computer program: Analysis Five and a set of sieves used in grain size sieve. This software is the latest version of the computer system enabling the analysis of images, which can cooperate with various external devices (cameras, scanners, etc.). Presents conclusions characterizing the two methods of measurement.

Key words: computer image analysis, particle size sieve, fertilizers, agriculture and gardening, taking measurements.

Alina Gil*, Tomasz Karoń**

ANALIZA ŚRODKÓW I METOD OCHRONY SYSTEMÓW OPERACYJNYCH

Streszczenie. W pracy przeanalizowane zostały środki i metody ochrony systemów operacyjnych. Sama ochrona systemu operacyjnego jest tylko elementem szerszego zagadnienia, jakim jest ochrona informacji. Na wstępie opisane zostały zagrożenia, na jakie jest narażony system operacyjny wskazując tym samym na zakres ochrony, jaką powinien być on objęty. Następnie dokonano analizy metod ochrony wskazując na rodzaj zagrożenia, któremu zapobiegają. Ochrona systemu operacyjnego jest realizowana przy użyciu mechanizmów samego systemu jak i przy użyciu programów zewnętrznych. W pracy główną uwagę koncentruje się na mechanizmach ochrony systemu operacyjnego natomiast specjalistyczne programy omówione zostały w mniejszym zakresie.

Słowa kluczowe: system operacyjny, ochrona informacji, bezpieczeństwo danych, administracja systemu.

WIADOMOŚCI WSTĘPNE

Współczesne komputery to rozbudowane urządzenia składające się często z dwu lub więcej systemów mikroprocesorowych oraz wielu urządzeń wejściowo – wyjściowych. Sterowanie komputerem, czyli zmuszenie go do wykonywania określonej aplikacji to skomplikowane zadanie, które jest realizowane w tzw. trybie jądra przy użyciu oprogramowania zwanego systemem operacyjnym.

Ogólnie rzecz biorąc system operacyjny realizuje dwa zadania:

- rozdział zasobów komputera tak, aby na komputerze mogło pracować wielu użytkowników i wiele programów. Z punktu widzenia ochrony systemu operacyjnego powinien on dysponować mechanizmami pozwalającymi w precyzyjny sposób określać zakres praw dostępu do systemu dla poszczególnych użytkowników a poprzez to uruchomionych przez nich procesów. Brak takich mechanizmów prowadzi często do unieruchomienia systemu operacyjnego i przejęcia kontroli nad komputerem poprzez inny kod.
- tworzenie maszyny wirtualnej z dostępnego sprzętu - czyli tworzenie interfejsu programistycznego umożliwiającego dostęp do sprzętu i samego systemu w sposób niezależny od architektury komputera, na którym. Realizowane jest to np. poprzez pamięć wirtualną, która powoduje rozszerzanie funkcjonalności sprzętu, na którym działa system

* Instytut Edukacji Technicznej i Bezpieczeństwa, Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie, a.gil@ajd.czest.pl

** Zespół Szkół Mechaniczno-Elektrycznych im. K. Pułaskiego w Częstochowie

operacyjny. Komputer może dysponować ograniczoną pamięcią operacyjną a jednak z punktu widzenia użytkownika jest ona nieograniczona, ponieważ system operacyjny potrafi wykorzystywać urządzenia pamięci masowej do jej rozszerzenia. Innym przykładem jest tzw. pętla zwrotna, czyli symulowany interfejs sieciowy pozwalający między innymi na sprawdzenie poprawności działania mechanizmów sieciowych a także programów korzystających z sieci komputerowych.

Analizując ten zakres działania systemów operacyjnych pod kątem bezpieczeństwa należy uwzględnić ochronę zasobów i obsługę błędów. Ochrona zasobów powinna być tak zorganizowana, aby zapewniała bezpieczeństwo zasobów współużytkowników przed błędami lub złośliwością innych współużytkowników. Obsługa błędów powinna natomiast zapobiegać propagacji błędu na inne elementy systemu operacyjnego. Taki sposób ochrony jest w zasadzie uzupełnieniem ochrony zasobów.

System operacyjny jest, zatem oprogramowaniem działającym na komputerze na szczególnych prawach i zapewniającym łatwość obsługi a także zwiększenie możliwości komputera. Ze względu na tę specyficzną rolę powinien on podlegać ochronie, przy czym mechanizmy ochrony powinny być wbudowane w sam system a także powinny działać poza systemem chroniąc go niejako z zewnątrz.

Ochrona systemu operacyjnego jest tylko środkiem do celu, jakim jest ochrona informacji przechowywanej i przetwarzanej przez ten system. W związku z tym wszelkie rozważania na temat zagrożeń bezpieczeństwa systemów operacyjnych jak i środków zapobiegawczych należy prowadzić w kontekście ochrony informacji znajdujących się w komputerze.

ZAGROŻENIA BEZPIECZEŃSTWA SYSTEMÓW OPERACYJNYCH

Udostępnianie poufnych danych

Udostępnianie poufnych danych ma miejsce wtedy, gdy nieuprawnieni użytkownicy zyskują dostęp do danych dostępnych dla ściśle określonej grupy użytkowników (dostęp polega tu tylko na odczycie tych danych bez możliwości dokonania zmian).

Poufnymi danymi może być rodzaj i wersja systemu operacyjnego działającego w systemie komputerowym. Ma to szczególne znaczenie w sytuacji, gdy dany system pracuje w charakterze serwera w sieci. Informacja taka ma dużą wartość dla atakującego, gdyż dzięki temu potrafi on dobrać właściwe metody ataku. Dysponując wersją systemu operacyjnego można poznać jego słabe strony poprzez zaznajomienie się z informacjami umieszczonymi na witrynie producenta lub wydawcy.

Najprostszą metodą uzyskania informacji o zdalnym systemie operacyjnym jest wykorzystanie usługi udostępniania stron witryn World Wide Web. Niektóre programy obsługujące tę usługę wysyłają, bowiem w nagłówkach odpowiedzi na żądanie strony szczegółową informację o systemie, na którym pracują (przykład takiej informacji zamieszczono na rysunku 1).

Przy dostępie lokalnym użytkownik wie, z jakim systemem operacyjnym ma do czynienia. Nie powinien już jednak mieć możliwości ustalenia dokładnej jego wersji. Podobnie,

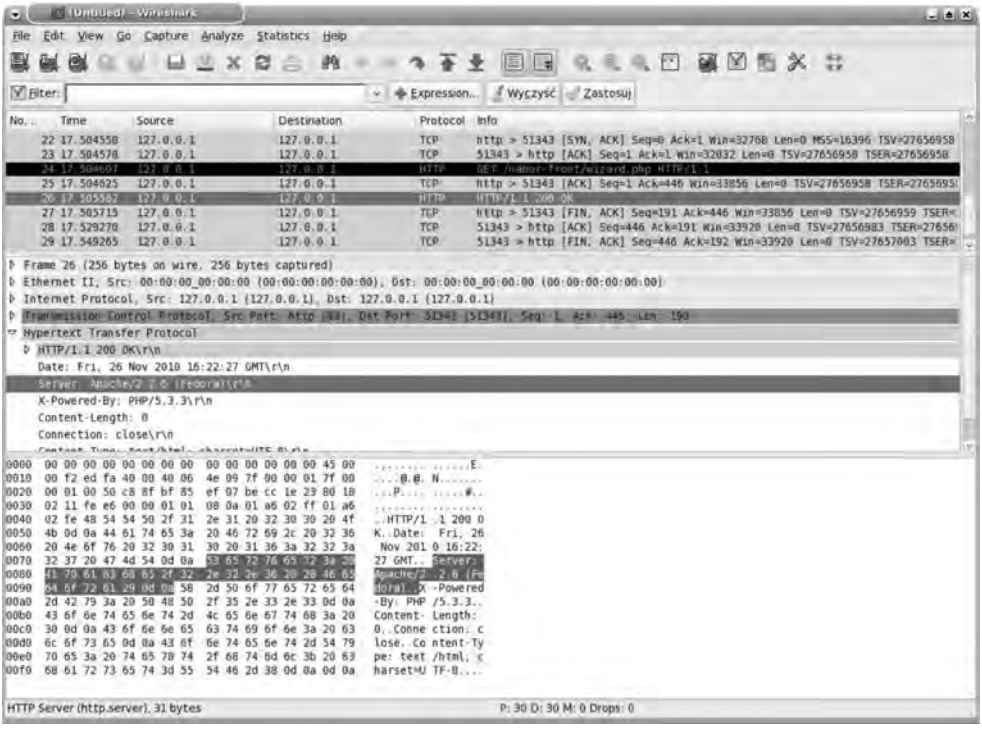
bowiem jak w przypadku dostępu zdalnego może próbować wykorzystać słabość systemu operacyjnego do uzyskania dostępu do poufnych danych.

W przypadku dostępu lokalnego najprostszą metodą uzyskania informacji o wersji systemu operacyjnego, na której się pracuje jest przeglądniecie zawartości katalogów zawierających pliki związane bezpośrednio z systemem np. w systemie Linux będą to katalogi /boot i /lib/modules (rys. 2).

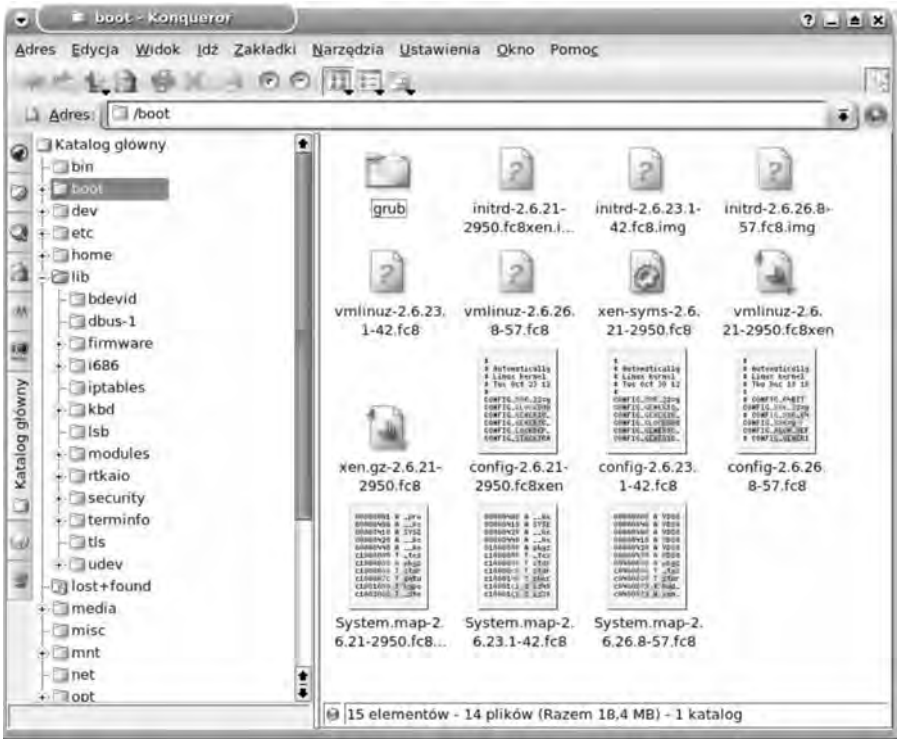
Innym rodzajem poufnych danych są logi systemowe i programów działających w systemie a także ich pliki konfiguracyjne. Podobnie jak poprzednio, zapoznanie się z logami systemu operacyjnego pozwala na odkrycie jego słabych stron. Atakujący ma tu ułatwione zadanie gdyż często system operacyjny dokładnie informuje o problemach i szczegółach swojego działania.

Analogicznie sprawa wygląda w przypadku logów i plików konfiguracyjnych programów działających w systemie operacyjnym. I tu analiza zapisów zdarzeń może pozwolić na odkrycie słabych stron programu, co może prowadzić np.: do ujawnienia innych poufnych danych.

Ostatnim rodzajem chronionych danych są różnego rodzaju dokumenty np.: plany, opisy, bazy danych itp. Często są to dokumenty dla przetwarzania których powstał konkretny



Rys. 1. Zrzut ekranowy z programu Wireshark, który przechwycił sesję połączenia z serwerem WWW uruchomionym na lokalnym hoście – informacja o systemie operacyjnym jest podświetlona



Rys. 2. Katalog /boot. Widoczne pliki obrazów jądra systemu operacyjnego oznaczone numerami wersji

system komputerowy. Bardzo często ich poufność zależy od poufności wcześniej wymienionych rodzajów danych. Nie trudno wyobrazić sobie atakującego, który po zdobyciu danych dotyczących konta legalnego użytkownika systemu podszywa się pod niego i zapoznaje się z danymi, do których normalnie nie powinien mieć dostępu.

Chronić przed niepowołanym dostępem należy w zasadzie każdą informację przechowywaną i związaną z systemem operacyjnym. Zawsze istnieje możliwość, że intruz z pomocą, z pozoru błahych informacji uzyska dostęp do tych najważniejszych i najbardziej chronionych.

Uszkodzenie danych

Uszkodzenie danych ma miejsce wtedy, gdy nieuprawnieni użytkownicy zyskują możliwość zmiany, usunięcia lub dodania danych. Oznacza to między innymi możliwość zamiany istniejących danych na dane fałszywe.

Jest to jedno z największych i najtrudniejszych do wykrycia zagrożeń związanych z danymi, wymaga nie tylko konieczności rozpoznania fałszywych danych, ale i rozpoznania samego faktu uszkodzenia danych. Przykładem może być zapisanie w systemie plików

pliku zawierającego kod polecenia naruszającego w jakiś sposób bezpieczeństwo systemu. Jest to bardzo często spotykana sytuacja w przypadku zainfekowania komputera złośliwym oprogramowaniem. Zasadniczym celem takiego działania jest chęć zachowania w systemie plików kopii kodu wywołującego niepożądane działanie. Jedynym działaniem, które w tej sytuacji może pomóc jest długotrwałe, obciążające wydajność systemu komputerowego przeglądanie plików pod kątem zawartości kodów uznanych za szkodliwe. Wykorzystuje się w tym celu specjalnie utworzoną bazę próbek kodów uznanych za szkodliwe.

Innym zagrożeniem jest stworzenie w systemie operacyjnym dodatkowego konta systemowego lub zmiana konfiguracji programów świadczących usługi w systemie operacyjnym. Podobnie jak w przypadku zainfekowania złośliwym oprogramowaniem tak i tu niezbędne jest długotrwałe skanowanie plików. W tym przypadku jest to działanie trudniejsze gdyż, aby wykryć zmiany w systemie należy dysponować samodzielnie utworzoną bazą plików konfiguracyjnych systemu. Bez takiej bazy wykrycie zmian w systemie będzie się sprowadzało do ręcznego przeglądnięcia wszystkich plików konfiguracyjnych przez administratora systemu komputerowego, co jest działaniem długotrwałym i narażonym na błędy.

Innym rozwiązaniem jest nadpisanie plików konfiguracyjnych plikami przechowywanymi w kopii zapasowej. Rozwiązanie to ma jednak tę wadę, że usuwa także ślady dokonanych zmian, przez co może utrudnić nie tylko wskazanie sprawcy, ale i odnalezienie luki w systemie bezpieczeństwa, z wykorzystaniem której dokonano zmian. W efekcie, po dokonanej poprawce, zmiany mogą „pojawić" się znowu.

Często zmiana danych w systemie nie powoduje jakiś spektakularnych efektów w działaniu systemu i bez specjalistycznego oprogramowania wykrycie tej zmiany jest wręcz niemożliwe. W wielu przypadkach jedynym celem atakujących dany system jest uzyskanie do niego dostępu a nie jego uszkodzenie. System operacyjny, który nie potrafi zapewnić nam integralności danych jest mało użyteczny.

Blokada usługi

Blokada usługi to działanie polegające na zakłóceniu działania systemu operacyjnego w taki sposób, aby stał się on bezużyteczny, np. nie będzie odpowiadał na polecenia operatora.

Analogicznie jak w przypadku uszkodzenia danych jest to działanie trudne do zablokowania. Przykładem może być atak polegający na zarzuceniu konkretnego programu bardzo dużą ilością żądań. Próba ich przetworzenia prowadzi do takiego obniżenia wydajności, że z punktu widzenia użytkownika program przestaje działać.

Trudność w zablokowaniu takiego działania polega na konieczności oddzielenia żądań zwykłych użytkowników od żądań, których celem jest blokada usługi. Często jest to rzecz niemożliwa do realizacji, ponieważ żądania, których celem jest blokada usługi wyglądają dokładnie tak samo jak żądania zwykłych użytkowników.

W większości przypadków do blokady usługi dochodzi poprzez sieć komputerową. Nie jest to jednak regułą. W systemach operacyjnych działają programy, które, mimo że nie wykorzystują sieci komputerowej to pracują z wykorzystaniem architektury klient – serwer. Dobrym przykładem może być serwer X. W systemach z rodziny Linux zapewnia

on obsługę w formie graficznej. Jego klientami są menadżery okien np. Gnome, KDE itp. W sytuacji, w której zostaje on zarzucony żądaniami dochodzi do jego blokady, co można zauważyć na ekranie.

Zatem do blokady usługi dochodzi przy zarzuceniu programu żądaniami, których nie jest on w stanie przetworzyć. Działanie takie jest dość łatwe do wykrycia, lecz trudne do zablokowania. Żądania mogą bowiem pochodzić w dużej mierze od legalnych użytkowników chcących po prostu wykorzystać daną usługę. Zdarzają się jednak sytuacje, w których większość żądań pochodzi z jednego tylko źródła. W takiej sytuacji wystarczy odciąć dopływ żądań by odblokować usługę.

Jeśli jednak chroniony system operacyjny pada ofiarą ataku Denial of Service to często bywa tak, że żądania napływają z wielu różnych źródeł, co utrudnia ich odcięcie. Aby przeprowadzić taki atak napastnicy przejmują inne komputery i zmuszają do wysyłania żądań do innego systemu.

Przejęcie systemu przez wirusy

Z przejęciem systemu przez wirusy mamy do czynienia w sytuacji, w której system komputerowy wykonuje głównie kod oprogramowania wirusa a żądania operatora wykonuje w drugiej kolejności lub wcale.

Jest to sytuacja potencjalnie niebezpieczna gdyż operator często nie ma kontroli nad oprogramowaniem, co może prowadzić do nieuprawnionego dostępu do chronionych danych a ponad to system komputerowy może stanowić zagrożenie dla innych systemów, jeśli mamy do czynienia z pracą w sieci komputerowej.

System komputerowy przejęty przez wirusy, lecz odłączony od sieci komputerowej utrudnia pracę, lecz nie umożliwia przesłania chronionych danych do innego komputera a często także i „zarażania" innych systemów.

W większości przypadków przejęcie przez wirusy łatwo rozpoznać. System komputerowy nagle, bez konkretnych przyczyn zmniejsza wydajność pracy, nie jest to jednak regułą. Gdy napastnikowi zależy na ciągłym dostępie do danego komputera wówczas z premedytacją działa tak, aby nie zwrócić na siebie uwagi uprawnionego operatora systemu.

Wbrew pozorom przejęcie systemu przez wirusy nie jest błahym przypadkiem zagrożenia bezpieczeństwa. Często bowiem użytkownik nie potrafi lub nie może rozpoznać symptomów, a program antywirusowy jest bezradny do czasu wprowadzenia do jego bazy wirusów próbki kodu. W takiej sytuacji pomóc mogą tylko metody pośrednie np. analiza logów systemu operacyjnego, ruchu sieciowego i tym podobne.

MECHANIZMY OCHRONY SYSTEMÓW OPERACYJNYCH

Bezpieczeństwo fizyczne

Zasadniczą kwestią z punktu widzenia ochrony informacji przechowywanej i przetwarzanej przez system komputerowy jest bezpieczeństwo fizyczne, czyli zapewnienie urzą-

dzeniu pracy w warunkach uwzględniających brak czynników szkodliwych np. wysokiej temperatury, pyłów, przepięć i tym podobnych, jak i zabezpieczenie go przed kradzieżą lub zniszczeniem.

Współczesne systemy komputerowe w trakcie swojej pracy wydzielają duże ilości ciepła. Brak możliwości odprowadzenia wydzielanej energii cieplnej z urządzenia prowadzi do podnoszenia ich temperatury i w końcu do termicznego uszkodzenia elementów elektronicznych.

Najprostszą i najczęściej wykorzystywaną metodą odprowadzania ciepła jest wykorzystanie radiatorów chłodzonych przepływającym wokół nich powietrzem. W efekcie ciepło przepływa od nagrzanego kryształu krzemu, tworzącego układ elektroniczny, poprzez radiator do opływającego go powietrza. Taki przepływ jest możliwy, gdy powietrze ma niższą temperaturę niż chłodzony układ, co oznacza, że musi istnieć możliwość rozproszenia pobranego ciepła w otoczeniu. W sytuacji, gdy system komputerowy znajduje się w małym pomieszczeniu lub w pomieszczeniu znajduje się większa ilość urządzeń wydzielających ciepło zachodzi potrzeba zainstalowania klimatyzatora.

Z chłodzeniem powietrzem wiąże się także problem zapylenia. Powietrze z dużą zawartością pyłów może doprowadzić to do ich osadzania się na radiatorach oraz łożyskach wiatraków wymuszających przepływ powietrza, co w efekcie prowadzi do spadku wydajności tych urządzeń a nawet zatarcia pyłami.

Nadmiar pyłów w urządzeniu może również doprowadzić do zwiększenia oporów elektrycznych na skutek zabrudzenia styków krawędziowych i innych. Prowadzi to do błędów w działaniu urządzenia a nawet do jego unieruchomienia. I tu najlepszym rozwiązaniem jest klimatyzacja zaopatrzona w odpowiednie filtry powietrza. Alternatywnie można co jakiś czas usuwać zgromadzony w urządzeniu pył i kurz.

Komputery to urządzenia elektryczne, dlatego dostarczenie energii elektrycznej niespełniającej określonych norm może prowadzić do uszkodzenia systemu komputerowego lub braku jego działania. Ważnym elementem związanym z bezpieczeństwem systemu operacyjnego jest właściwie zaprojektowana sieć elektryczna. Powinna ona zawierać komplet zabezpieczeń chroniących system komputerowy przed przekroczeniem wartości krytycznych parametrów zasilania (np. przepięcia), a także zabezpieczających personel przed skutkami uszkodzenia izolacji (porażenie prądem elektrycznym).

Szczególnie ważny sprzęt komputerowy powinien być zasilany z innego obwodu niż inne ogólnie dostępne urządzenia np.: radia, czajniki itd., gdyż awaria tych urządzeń może doprowadzić do wyłączenia systemu komputerowego na skutek zadziałania zabezpieczeń. Istotnym elementem związanym z zasilaniem jest ciągłość działania, czyli zapewnienie dostarczenia energii z kilku niezależnych źródeł. W dużych centrach komputerowych zasilanie doprowadzane jest za pomocą co najmniej dwu niezależnych linii elektroenergetycznych przyłączonych do dwu różnych i niezależnych od siebie nawzajem punktów systemu elektroenergetycznego. Niezależnie od tego w samym centrum komputerowym istnieje system zasilania awaryjnego z UPS. W mniejszych ośrodkach stosuje się najczęściej punkt zasilania przyłączony do systemu elektroenergetycznego za pomocą jednej linii elektroenergetycznej oraz mały zasilacz UPS zapewniający energię na kilka godzin pracy.

Jedną z metod ochrony przed zniszczeniem będącym efektem zdarzeń losowych np. pożaru, powodzi itp. jest stosowanie rozmaitych czujników wykrywających takie zagrożenia.

Bardzo często oprócz zwykłego powiadamiania uruchamiają one także odpowiednie systemy zabezpieczające np. czujnik dymu, który uruchomi odpowiednie urządzenie gaśnicze wykorzystujące gazy obojętne takie jak: azot, dwutlenek węgla czy węglowodory halogenopodobne np. HFC-127ea.

Inną metodą ochrony jest tworzenie kopii zapasowych danych na urządzeniach znajdujących się w innym pomieszczeniu, a najlepiej budynku niż chroniony system.

System komputerowy należy także chronić przed kradzieżami a więc zamykać drzwi pomieszczenia, w którym znajduje się chroniony komputer, na klucz, stosować karty magnetyczne lub zamki elektromagnetyczne.

Bezpieczeństwo systemu plików

System plików jest mechanizmem ograniczającym, przechowującym oraz dającym dostęp do informacji zawartych w różnych urządzeniach pamięci masowych np.: dyskach twardych, CD-ROM'ach, pendrive'ach itp. W systemie plików oprócz danych użytkownika przechowuje się także dane związane z systemem operacyjnym np.: obraz jądra systemu, moduły jądra w systemie operacyjnym GNU/Linux itd. Co ważniejsze standardowo kod obsługujący systemy plików wbudowany jest w sam system operacyjny - stanowi jego część.

Omawiając kwestię bezpieczeństwa systemu operacyjnego, jako część szerszego zagadnienia związanego z ochroną informacji nie można pominąć kwestii bezpieczeństwa systemu plików. Od niego zależy bowiem nienaruszalność obrazu systemu operacyjnego przechowywanego w pamięci masowej a później uruchamianego.

Kluczową sprawą jest dostępność danych przechowywanych w pamięci masowej. Na skutek naruszenia spójności systemu plików, może dojść do wymieszania danych zawartych w kilku plikach lub zniknięcia z dysku niektórych plików.

Sprawdzenia spójności systemu plików można dokonać stosując program fdisk lub fsck celem przeglądnięcia zawartości całego dysku i naprawienia ewentualnych błędów (rys. 3).

Jednak w przypadku współczesnych dysków twardych o pojemnościach rzędu 1TB operacja taka może trwać długo, dlatego stosuje się rozwiązanie alternatywne –system plików z kroniką. Metoda ta polega na prowadzeniu dla systemu plików specjalnego dziennika – kroniki, w którym zapisuje się wszystkie operacje wykonywane na plikach. Zmiany wprowadzane do systemu plików są rejestrowane w dzienniku przed ich realizacją a także po zrealizowaniu. Jeśli więc w trakcie dokonywania zmian w systemie plików zabraknie prądu i nie zostaną one zakończone to po restarcie systemu będzie można zakończyć ich realizację, natomiast gdyby prądu zabrakło w trakcie zapisywania zmian do kroniki to wciąż będziemy

```
[root@komp ~]# fsck -v /dev/sdb8
fsck z pakietu util-linux-ng 2.17.2
e2fsck 1.41.10 (10-Feb-2009)
/dev/sdb8: czysty, 12/4194304 plików, 309301/16761811 bloków
[root@komp ~]#
```

Rys. 3. Przykład uruchomienia narzędzia fsck w systemie GNU/Linux

dysponowali spójnym systemem plików. Rozwiązanie to nie gwarantuje oczywiście, że nigdy nie dojdzie do utraty danych np. w wyniku zaniku zasilania, lecz zmniejsza prawdopodobieństwo takiego zdarzenia do minimum.

Kwestię bezpieczeństwa systemu plików należy rozpatrywać także z punktu widzenia dostępu do plików przez nieuprawnionych użytkowników podczas działania systemu operacyjnego. Wszystkie nowoczesne systemy plików posiadają mechanizmy pozwalające na dokonanie weryfikacji praw konkretnego użytkownika do konkretnego pliku. Prawami tymi są prawo do odczytu, zapisu oraz wykonania pliku. W większości przypadków taki prosty mechanizm weryfikacji praw wystarcza.

Dostęp do plików rozpatruje się również z punktu widzenia dostępu do nich podczas działania innego, obcego systemu operacyjnego. Ze zdarzeniem takim mamy do czynienia w sytuacji naruszenia fizycznego bezpieczeństwa komputera i jego rozruchu np. z płyty CD-ROM lub pendrive'a lub w przypadku, gdy w systemie komputerowym zainstalowano dwa lub więcej systemów operacyjnych mających dostęp do wszystkich partycji i dysków.

Dobrym rozwiązaniem w tej sytuacji jest zastosowanie szyfrowania. Szyfrować można zarówno całe partycje czy dyski jak i pojedyncze pliki i katalogi. Należy jednak pamiętać, że w przypadku zaszyfrowania całej partycji, na której znajduje się system operacyjny należy zadbać o prostą metodę, automatycznego podawania hasła. Można to zrealizować za pomocą pendrive'a z certyfikatem osobistym. Jeśli w trakcie uruchomienia systemu operacyjnego, nie będzie w którymś slocie USB pendrive'a, to system nie wystartuje gdyż nie dostanie się do głównego systemu plików. Co więcej po uruchomieniu obcego systemu plików na komputerze informacje będą bezpieczne gdyż będą się znajdowały na zaszyfrowanej partycji. Jedyną wadą rozwiązania jest konieczność asysty człowieka przy uruchamianiu komputera, co może być problemem w przypadku serwerów, które powinny działać non stop przez 24 godziny na dobę.

Rozwiązaniem pośrednim jest więc szyfrowanie tylko tych partycji lub katalogów, w których znajdują się ważne dane. Wadą tych rozwiązań jest możliwość zmiany konfiguracji systemu operacyjnego i uzyskania dostępu do tych danych przez nieuprawnionych użytkowników w trakcie normalnej pracy systemu.

Bezpieczeństwo systemu plików jest zagadnieniem kluczowym dla bezpieczeństwa informacji. Istnieje wiele metod zapewnienia tego bezpieczeństwa, lecz wszystkie one charakteryzują się narzuceniem dodatkowych operacji, które system operacyjny musi wykonać nim udostępni dane. Oznacza to, że projektując systemy bezpieczeństwa należy uwzględnić czy koszty ekonomiczne związane z zakupem wydajniejszych urządzeń są porównywalne z wartością przechowywanych i przetwarzanych danych oraz stopień prawdopodobieństwa narażenia systemu na poszczególne rodzaje zagrożeń.

Bezpieczeństwo sieci

Większość współczesnych systemów komputerowych pracuje w sieci komputerowej i tu bezpieczeństwo działających w nim programów wykorzystujących sieć komputerową jest równie ważne jak poprawna konfiguracja systemu operacyjnego do pracy w sieci.

Jeśli komputer jest przyłączony do kablowej sieci komputerowej LAN poprzez kartę sieciową wykorzystującą technologię Ethernet, dane z sieci docierają do karty sieciowej w postaci tzw. ramek Ethernetowych, czyli ciągów bitów, w których można wyróżnić nagłówek oraz dane. W nagłówku ramki Ethernetowej znajduje się między innymi adres MAC, czyli unikalny adres fizyczny każdej karty sieciowej. Konkretna ramka Ethernetowa jest odbierana, jeśli adres odbiorcy zgadza się z adresem karty sieciowej lub jest to tzw. adres rozgłoszeniowy, czyli skierowany do wszystkich.

Odebrane ramki są przekazywane do procedur obsługi tzw. stosu sieciowego, czyli zestawu funkcji, za pomocą których zaimplementowano obsługę poszczególnych protokołów sieciowych w systemie operacyjnym. W przypadku protokołów sieciowych nie mówi się już o ramce, lecz o pakiecie danych. Podobnie jak w przypadku ramki, pakiet składa się z nagłówka charakterystycznego dla konkretnego protokołu oraz danych. Jeden pakiet może być wynikiem złożenia danych zawartych w kilku ramkach Ethernetowych.

Cały proces przekazywania danych poprzez sieć realizuje system operacyjny. Kwestią zasadniczą, pod względem bezpieczeństwa jest ustalenie czy wszystkie informacje, z których korzystają procedury przekazywania danych są prawidłowe. Chodzi tu głównie o adres IP, maskę sieciową i adres bramy. Podmiana tych informacji może w efekcie poskutkować przekazywaniem pakietów sieciowych poprzez komputer, który pełni rolę podsłuchu.

Problem ten nabiera szczególnego znaczenia w przypadku pobierania tych informacji z wykorzystaniem protokołu dynamicznego konfigurowania hostów, czyli DHCP. Proces ten jest automatyczny i często nie dysponujemy metodą pozwalającą na stwierdzenie czy przebiegł prawidłowo, to jest, że otrzymaliśmy prawidłowe informacje.

Koniecznym staje się więc zastosowanie zabezpieczeń uniemożliwiających zakłócenie procesu konfiguracji hosta np.:

- konfiguracja serwera DHCP polegająca na spowodowaniu, aby DHCP przydzielał konkretny adres IP dla konkretnego adresu MAC. Rozwiązanie to staje się kłopotliwe przy dużej liczbie komputerów przyłączonych do serwera. Jego zaletą jest możliwość kontroli konfiguracji sieci z jednego miejsca.
- zastosowanie tak zwanego DHCP Snooping polegające na wykorzystaniu specjalnie oprogramowanego switcha sieci, tzw. switcha zarządzalnego. Switch dba, aby każdy host w sieci otrzymywał przypisany sobie adres IP, kontroluje adres MAC i adres IP w ramkach Ethernetowych i nagłówkach pakietów IP a także sprawdza czy kombinacja adres MAC – IP przychodzi do niego poprzez konkretne, ustalone przez administratora, gniazdo. Ponadto dba, aby po sieci krążyły odpowiedzi DHCP wysyłane tylko przez komputer przyłączony do określonego gniazda w switchu, a więc przez serwer wskazany przez administratora.

Niezależnie od powyższych rozwiązań konieczna jest także okresowa kontrola dziennika serwera DHCP pod kątem prawidłowości przyznawania adresów IP.

Ważną sprawą z punktu widzenia bezpieczeństwa systemu operacyjnego jest kontrola usług w nim działających. Chodzi tu nie tylko o kontrolę dostępu, tzn. kto i kiedy może korzystać z usługi, ale i o kontrolę samego faktu realizacji usługi.

Każda usługa – program realizowany przez system operacyjny może doprowadzić do narażenia systemu operacyjnego wynikające z faktu błędnej konfiguracji usługi. Aby je ograniczyć możemy zmniejszyć liczbę potencjalnych usługobiorców, określić godziny, w których realizowana jest usługa a także zmniejszyć jej prawa dostępu do plików systemowych. Zmniejszamy w ten sposób liczbę potencjalnych ataków a także umożliwiamy ustalenie sprawcy ataku, co ma fundamentalne znaczenie wobec odpowiedzialności karnej. Często powyższych ograniczeń nie da się nałożyć na usługę z poziomu jej pliku konfiguracyjnego i tu z pomocą przychodzi program superserwera xinetd (rys. 4).

Niezależnie od stosowanej metody uruchamiania zalecane jest użycie narzędzia nmap do kontroli, na jakich portach nasłuchuje system. Przykład użycia tego narzędzia pokazano na rysunku 5. Program nmap korzysta z protokołu ICMP do ustalenia nasłuchujących gniazd, a więc sprawdza komputer niejako z zewnątrz.

```
# default: off
# description: The CVS service can record the history of your source \
#              files. CVS stores all the versions of a file in a single \
#              file in a clever way that only stores the differences \
#              between versions.
service cvspserver
{
.       disable. .      .       = yes
.       port.    .      .       = 2401
.       socket_type.    .       = stream
.       protocol.       .       = tcp
.       wait.    .      .       = no
.       user.    .      .       = root
.       passenv. .      .       = PATH
.       server.  .      .       = /usr/bin/cvs
.       env.     .      .       = HOME=/var/cvs
.       server_args.    .       = -f --allow-root=/var/cvs pserver
#.      bind.    .      .       = 127.0.0.1
}
```

Rys. 4. Plik konfiguracyjny jednej z usług obsługiwanych przez xinetd

```
Starting Nmap 4.20 ( http://insecure.org ) at 2011-01-04 11:28 CET
Interesting ports on localhost.localdomain (127.0.0.1):
Not shown: 1691 closed ports
PORT      STATE SERVICE
22/tcp    open  ssh
111/tcp   open  rpcbind
139/tcp   open  netbios-ssn
445/tcp   open  microsoft-ds
8000/tcp  open  http-alt
10000/tcp open  snet-sensor-mgmt

Nmap finished: 1 IP address (1 host up) scanned in 0.168 seconds
```

Rys. 5. Wyniki zwrócone przez program nmap

Kwestia uruchomionych usług jest też ważna na etapie samej instalacji systemu operacyjnego, bowiem od rodzaju i ilości usług a także stopnia ich wykorzystania zależy sposób doboru sprzętu komputerowego oraz konfiguracja samego systemu operacyjnego.

Zakres uruchamianych usług w danym systemie operacyjnym jest na tyle kluczowy, że w planach bezpieczeństwa zawsze uwzględnia się kwestie związane z:

- potrzebą działania konkretnych usług sieciowych;
- zasadami dostępności usług sieciowych np. na żądanie lub stale;
- zakresem dostępności poszczególnych usług: dla wszystkich lub tylko dla niektórych;
- zakresem tworzenia zapisów zdarzeń zachodzących w programie usług sieciowych tak zwanych dzienników.

Niezależnie od powyższych ważna jest także okresowa kontrola dzienników usług sieciowych pod kątem nieprawidłowości związanych z bezpieczeństwem.

Bezpieczeństwo sieci granicznej

Lokalne sieci komputerowe są z reguły przyłączone do sieci Internet. Oznacza to, że systemy operacyjne pracujące w tych komputerach są narażone na zagrożenia, o których mowa w rozdziale 2 niniejszej pracy.

Celem ochrony przed tymi zagrożeniami stosuje się zapory sieciowe, których działanie polega na ograniczeniu przepływu danych z jednego systemu operacyjnego do drugiego. Dzielą się one na:

- ściany ogniowe w warstwie sieciowej – bramy filtrowania;
- ściany ogniowe w warstwie transportu;
- ściany ogniowe w warstwie aplikacji.

Celem działania bramy filtrowania jest podjęcie decyzji co do dalszych losów pakietu IP na podstawie adresu IP nadawcy i odbiorcy. Ściana ogniowa w warstwie sieci może zadecydować o: zagubieniu pakietu bez wysyłania informacji zwrotnej; zagubieniu pakietu z wysłaniem informacji zwrotnej; przekazaniu pakietu do następnego punktu; rejestracji pakietu. Ostatnie działanie może być realizowane łącznie z wszystkimi poprzednimi.

Celem działania ściany ogniowej w warstwie transportu jest filtrowanie pakietów na podstawie tożsamości użytkownika. Rozwiązania takie są użyteczne, gdy w lokalnej sieci istnieją takie obszary, które wymagają bardziej restrykcyjnego podejścia od innych. Zasadniczą wadą tego rozwiązania jest konieczność doinstalowania na wszystkich komputerach korzystających z takiego filtru specjalnego oprogramowania.

Ściany ogniowe w warstwie aplikacji, popularnie nazywane proxy, mają na celu filtrowanie pakietów na podstawie ich zawartości. Rozwiązanie to pozwala np. przeglądać przychodzące dane pod kątem zawartości wirusów. Dodatkową zaletą tych rozwiązań, jest także buforowanie przychodzących danych, co może być wykorzystane do przyspieszenia działania sieci. Wykorzystuje się tutaj fakt, że połączenia sieci LAN są dużo szybsze niż połączenia pomiędzy siecią Internet a LAN.

Ze względu na sposób budowy ściany ogniowe można podzielić na:

- Filtr pakietów, czyli rozwiązanie działające jako brama filtrowania. Cechą charakterystyczną jest takie umiejscowienie filtra w strukturze sieci, że wymusza ono przepływ całego ruchu przez filtr. Zasadniczymi wadami tego rodzaju firewalli są: możliwość podszywania się pod adres IP występujący w sieci LAN, co prowadzi do przepuszczania pakietów normalnie blokowanych; reguły filtracji oparte tylko o zawartość nagłówka pakietu; mało rozbudowane możliwości zapisu dzienników.
- Duall homed gateway - to rozwiązanie wykorzystujące komputer wyposażony w dwa interfejsy sieciowe. Pozwala ono na dokonywanie filtrowania z wykorzystaniem warstwy sieciowej, transportu i aplikacji a także stosowanie usługi typu NAT. Zasadniczą wadą tego rozwiązania jest koszt – wymaga ono bowiem wydajnego komputera. Dodatkowo przejęcie takiego komputera prowadzi do utraty zabezpieczenia.
- Screened – subnet to rozwiązanie łączące filtr pakietów i dual home gateway. Ma ono wiele zalet, do których należy między innymi: ochrona komputera realizującego filtrowanie w warstwie sieci, transportu i aplikacji przez filtr pakietów; duża pewność działania zabezpieczenia, gdyż do całkowitej utraty zabezpieczenia można doprowadzić jedynie poprzez przejęcie wszystkich urządzeń. Wadami tego rozwiązania są wysokie koszty oraz trudności w odnalezieniu błędu konfiguracji takiego zabezpieczenia.

Analizując rozwiązania zapór sieciowych można stwierdzić, że najlepszym pod względem dokładności działania jest rozwiązanie typu screened – subnet. Ze względu na duże koszty wskazanego rozwiązania, stosuje się rozwiązania nieco mniej rozbudowane np. rezygnuje się z filtracji w warstwie transportu.

Systemami operacyjnymi, które najczęściej są wykorzystywane jako podstawa do budowy zapory sieciowej jest GNU/Linux lub BSD. Wynika to stąd, że jądra tych systemów operacyjnych oferują niezbędną funkcjonalność do realizacji bramy filtrującej a także dodatkowych funkcji np. tłumaczenia adresów sieciowych – NAT. Dodatkowo istnieją pakiety oprogramowania opracowane pod te systemy, które oferują filtracje w pozostałych warstwach np. Squid, Fwtk itd. Oznacza to, że istnieje możliwość stosowania nietypowych rozwiązań zapór sieciowych trudniejszych do złamania.

Bezpieczeństwo aplikacji

Sam system operacyjny stanowi jedynie podstawę do przetwarzania danych, zapewnia miejsce ich składowania oraz ujednolica i ułatwia obsługę urządzeń peryferyjnych niezbędnych do ich przetwarzania a przetwarzaniem danych zajmują się aplikacje w nim uruchomione, czyli odpowiedzialność za bezpieczeństwo danych spada także po części na owe aplikacje.

Najbardziej podstawowym zagrożeniem, na jakie narażone są aplikacje użytkowe są inne programy określane często ogólnym mianem wirusów. Zgodnie z nieformalną definicją wirusa podaną przez dr Fredricka B. Cohena „wirus jest programem zdolnym do zarażania innych programów, poprzez modyfikowanie ich i dołączanie do nich własnej, być może zmo-

dyfikowanej kopii" [9]. Jest to definicja, która w miarę dobrze opisuje współczesne wirusy komputerowe występujące w wielu różnych formach i działające na wiele różnych sposobów.

Istnieje wiele różnych odmian wirusów, które mają różne cele działania od złośliwego utrudniania pracy, przez infekowanie innych komputerów po przesyłanie ważnych danych poprzez sieć komputerową.

Kluczową sprawą jest fakt, że wszystkie kody wirusów pracują w uruchomionym systemie operacyjnym. Oznacza to, że mogą mieć dostęp do wszystkich danych, jakie są przechowywane w komputerze, również tych zaszyfrowanych. Aby można było skorzystać z zakodowanych danych trzeba je najpierw odszyfrować, co często robi dobrowolnie użytkownik posłusznie wpisując hasła i wskazując odpowiednie certyfikaty. Sam wirus korzysta z odszyfrowanej informacji przechowywanej gdzieś w pamięci komputera.

Jedynym rozwiązaniem zabezpieczającym nas przed wirusami jest stosowanie oprogramowania antywirusowego. Programy te przeglądają pamięć operacyjną i pamięci masowe w poszukiwaniu kodu wirusa wykorzystując w tym celu bazę zawierającą próbki kodów znanych wirusów. Jeśli któraś z próbek wstępnie pasuje to dokonywana jest dokładniejsza analiza.

Działanie takie jest oczywiście bardzo czasochłonne. Nowoczesne programy antywirusowe wykonują je więc tylko raz zaraz po zainstalowaniu zapisując jednocześnie sumy kontrolne plików niezainfekowanych wraz z ścieżkami dostępu do nich do specjalnej bazy. Sumy kontrolne są generowane w taki sposób, aby były unikalne dla konkretnej zawartości, dla której zostały wygenerowane. Oznacza to, że drobna zmiana tej zawartości prowadzi do zmiany wartości sumy kontrolnej. Fakt ten wykorzystywany jest przez programy antywirusowe.

Ze względu na to, że generacja sumy kontrolnej trwa bardzo krótko to przy każdym skanowaniu systemu w poszukiwaniu wirusów programy te generują sumy kontrolne sprawdzanych plików i sprawdzają je z tymi zarejestrowanymi w bazie. W przypadku wykrycia różnic następuje dokładne sprawdzenie pliku z użyciem bazy wirusów. Taka metoda oszczędza czas i moc obliczeniową systemu. Pomimo tego programy do wykrywania wirusów i tak mają dużo pracy.

Celem zabezpieczania systemu przed infekcją programy antywirusowe muszą także przeglądać zawartość podłączanych do systemu pendrive'ów, innych pamięci masowych oraz danych ściąganych poprzez sieć komputerową. Otwarcie strony w przeglądarce powoduje bowiem ściągnięcie do katalogu tymczasowego na dysku twardym komputera całej jej zawartości, wśród której może znajdować się wirus.

Dodatkowo skuteczność oprogramowania antywirusowego uzależniona jest od zawartości bazy wirusów. Z tego powodu jednym z zaleceń dawanych użytkownikom tych programów jest częsta aktualizacja baz wirusów. Większość programów robi to automatycznie.

Instalacja oprogramowania od sprawdzonych producentów lub podpisanego cyfrowo a także ostrożne obchodzenie się z danymi pobranymi z sieci, w szczególności chodzi tu o załączniki do poczty elektronicznej mogące zawierać wirusy, zmniejsza ryzyko tzw. zawirusowania.

Większość technologii sieciowych, których działanie uzależnione jest od wykonania kodu po stronie użytkownika pracuje w tak zwanych sandboxach. Jest to technika pozwalają-

ca na izolowanie kodu w trakcie jego wykonywania. W dużym uproszczeniu sandbox (*z ang.* piaskownica), w którym izolowany jest obcy kod, ma uniemożliwić dokonanie przeskoku apletu do kodu spoza piaskownicy a także wyeliminować do minimum możliwość interakcji z samym systemem operacyjnym.

Dostęp i uwierzytelnianie

Celem uwierzytelniania jest ustalenie przez system operacyjny, z kim ma do czynienia i wskazanie na tej podstawie praw, jakimi ten ktoś dysponuje. Operację uwierzytelniania przeprowadza się w trakcie logowania do systemu. Ogólnie rzecz biorąc uwierzytelnianie polega na uzyskaniu od użytkownika:

- określonej informacji np. hasła;
- określonej rzeczy np. karty magnetycznej z zapisaną informacją;
- jakiejś jego cechy biometrycznej np. odcisku palca.

Pierwsza z wymienionych opcji jest najprostsza i najczęściej stosowana. Wymaga podania przez użytkownika jego identyfikatora w systemie – loginu oraz znanego tylko przez niego hasła. System operacyjny porówna dane wprowadzone przez użytkownika z danymi przechowywanymi w bazie użytkowników. Jeśli się zgadzają uruchamia powłokę systemową: graficzną lub tekstową, jeśli nie wyświetla stosowny komunikat. Z punktu widzenia bezpieczeństwa całego procesu należy zadbać między innymi o komunikaty o właściwej treści. System powinien informować użytkownika o nieudanej próbie uwierzytelnienia, lecz nie powinien podawać dokładnej przyczyny niepowodzenia. Utrudni to przeprowadzenie próby odgadnięcia hasła metodą prób i błędów. Ponadto wprowadzanie błędnego loginu i hasła po kilku pod rząd nieudanych próbach powinno skutkować dezaktywacją lub czasową blokadą możliwości zalogowania. Podczas wpisywania hasła komputer nie powinien wyświetlać żadnych znaków. Utrudnia to zwyczajne podpatrzenie hasła.

Opisana powyżej metoda uwierzytelniania jest najprostsza do zaimplementowania, lecz również najłatwiejsza do złamania. Zgodnie z badaniami opisanymi w pracach [10, 11] wystarczy sporządzić listę prawdopodobnych haseł złożoną z imion, nazwisk, nazw ulic i miast, słów z małych słowników, wulgaryzmów a także krótkich ciągów literowych by mieć pewność, że znajdzie się na niej około 86% stosowanych haseł. Istnieje, co prawda możliwość wymuszania na użytkowniku stosowania bardziej rozbudowanych haseł, lecz skutkuje to często zapisaniem hasła na karteczce, którą przylepia się do monitora.

Druga z wymienionych opcji polega na podawaniu przez użytkownika określonej rzeczy. Takie rozwiązanie stosowane jest np. w bankomatach. Użytkownik, klient banku, wprowadza do odpowiedniego slotu kartę magnetyczną i wpisuje swój PIN. Jeśli dane odczytane z karty oraz wprowadzone przez użytkownika odpowiadają tym przechowywanym w bazie danych banku to uzyskuje się dostęp do systemu. Można tu zauważyć pewną analogię do systemu z loginem i hasłem. W tym przypadku mamy do czynienia jednak z dwoma hasłami. Jednym długim i unikalnym zapisanym na karcie magnetycznej a drugim podawanym w formie PIN. Jest to na tyle dobra metoda, że do tej pory opracowano tylko metody kopiowa-

nia danych z karty i nagrywania naciskanych przez klienta klawiszy. Nikomu nie udało się przeprowadzić ataku w formie metody prób i błędów.

Pewną odmianą tej metody jest stosowanie tzw. kart inteligentnych, czyli wyposażonych w mikroprocesor. Uwierzytelnianie przy pomocy takich kart przeprowadzane jest jako szereg zapytań i odpowiedzi udzielanych przez kartę.

Trzecia z powyższych opcji polega na pobraniu od użytkownika pewnych danych biometrycznych służących uwierzytelnianiu. Mogą to być: odcisk palca, skan tęczówki oka, identyfikacja cech głosu itp. Jest to oczywiście najbardziej skuteczna, ale i najdroższa metoda. Jej zasadniczą wadą jest uzależnienie dopuszczenia użytkownika do systemu od cech, które mogą ulec zmianie np. w wypadku.

Wszystkie powyższe metody mają jednak słaby punkt w przypadku próby dostępu do systemu poprzez sieć komputerową, są bowiem możliwości podsłuchania danych lub zwyczajnego podszycia się pod zabezpieczany system.

Jedynym rozwiązaniem tego problemu jest uwierzytelnianie uczestników wymiany danych oraz ich komputerów za pomocą specjalnych certyfikatów a także szyfrowanie danych. Metoda ta polega na wymianie zestawu danych np. nazwy użytkownika, nazwy organizacji oraz nazwy domenowej hosta, z którym uzyskujemy połączenie. Ów zestaw nosi nazwę certyfikatu i jego zawartość jest poświadczona przez firmę trzecią, co jest sprawdzane w trakcie połączenia. Po upewnieniu się, że po drugiej stronie znajduje się maszyna i użytkownik, z którym chcemy nawiązać połączenie następuje uzgodnienie mechanizmu szyfrowania danych. Tym sposobem w sieci Internet powstaje zaszyfrowany kanał transferu informacji, którego zakończenia są przyłączone do zaufanych komputerów. Szyfrowanie takie wymaga istnienia w sieci firm, które zajmują się zawodowo poświadczaniem certyfikatów.

Rozwiązanie to stosowane jest jako rozszerzenie wielu znanych protokołów. O tym, że jest wykorzystywane informuje litera s na końcu skrótu nazwy protokołu, np.: https, smtps. Podobnie zamiast zwykłego protokołu telnet stosuje się protokół ssh.

Monitorowanie i audyt systemu, jako metoda ochrony

Jedną z ważniejszych czynności, jakie powinien realizować administrator systemu jest przegląd dzienników systemu operacyjnego. Działanie takie pozwala na wykrycie ewentualnych problemów i prób włamania i w związku z tym daje możliwość poprawy bezpieczeństwa systemu. Co prawda istnieje możliwość spenetrowania systemu w sposób pozwalający na unikniecie zapisów w dziennikach, lecz trudno tak zmodyfikować pliki historii by było to niezauważalne.

Kwestię monitorowania i audytu systemu operacyjnego przedstawimy na przykładzie systemu GNU/Linux. W systemie tym istnieje usługa *syslog*, której celem jest zbieranie danych pozwalających na diagnostykę systemu. Pliki konfiguracyjne *syslog* pozwalają na rozbicie informacji na pliki, z których każdy zawiera inny jej rodzaj. Standartowo dane zapisywane są w plikach:

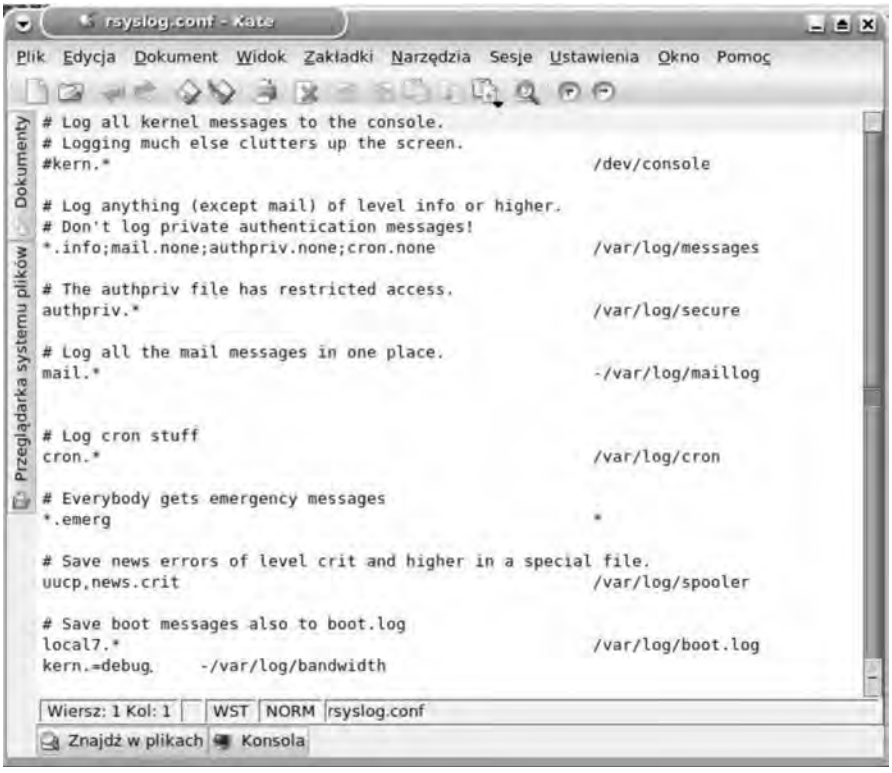
- Messages – ogólne informacje o działaniu systemu i różnych usługach;
- Secure – informacje z zakresu bezpieczeństwa systemu;

– Maillog – informacje od programu sendmail;
– Spooler – informacje od innych usług np. synchronizacji czasu;
– boot.log – informacje pojawiające się w czasie startu systemu;

Następcą programu *syslog* jest program *rsyslog* (Rys. 6), którego pozbawiono kilku wad poprzednika między innymi możliwości zablokowania dysku twardego danymi zapisywanymi do programu syslog.

Ze względu na to, że tworzone pliki są dość obszerne system regularnie uruchamia skrypt logrotate, który zapisane pliki przenosi do plików z rozszerzeniem odpowiednio 1,2 itd. oraz tworzy nowy czysty plik. Ilość plików z rozszerzeniami w postaci cyfr jest różna i zależy od ustawień skryptu. Z reguły jest to siedem pozycji.

Usługa *syslog* zapisuje bardzo dużą ilość danych. Przeglądanie czystych, nieprzetworzonych plików dzienników jest uciążliwe i narażone na błędy lub pominięcie ważnych informacji. Z tego powodu wykorzystuje się dodatkowe narzędzia np. *swatch* lub *logcheck* [rys. 7], których celem jest okresowe przeglądanie plików dzienników i poszukiwanie określonych wpisów. Wszystkie odnalezione wpisy narzędzia te wysyłają w formie emaila pod podany adres. W efekcie administrator systemu dostaje z każdego nadzorowanego systemu raport o problemach i zdarzeniach naruszających bezpieczeństwo.



Rys. 6. Okno edytora z plikiem konfiguracyjnym rsyslog.conf

Ważną czynnością, która powinna być również wykonywana co jakiś czas jest audyt integralności plików konfiguracyjnych i innych systemu. Pracę tę może wykonać narzędzie o nazwie *tripwire*. Działanie tego narzędzia przypomina pracę programu antywirusowego, gdyż przegląda ono wskazane przez administratora pliki i sprawdza czy od czasu ostatniego audytu doszło do zmiany ich zawartości. Jeśli tak to szczegółowy raport na ten temat wysyłany jest do administratora.

Niezależnie od audytu i monitoringu samego systemu operacyjnego ważnym zadaniem jest też monitorowanie sieci. Monitoring sieci pozwala wykryć takie zdarzenia, w których dochodzi do transferu danych lub innych informacji np. spamu. Jednym z narzędzi, które mogą być użyte do tego celu jest *Ethereal* (Wireshark – rys. 1). Pozwala on na przechwytywanie i przeglądanie pakietów przesyłanych w sieci. Narzędzie to jest bardzo użyteczne nie tylko przy okresowym monitoringu sieci, ale także przy sprawdzaniu poprawności konfiguracji poszczególnych usług sieciowych.

Ważnym zadaniem administratora systemu jest także upewnienie się, że nadzorowany system operacyjny nie podlega właśnie zdalnemu skanowaniu pod kątem uruchomionych usług lub luk bezpieczeństwa. Narzędziem, które można do tego wykorzystać jest *PortSentry*. Pozwala ono wykryć fakt sprawdzania systemu, stworzyć dziennik zdarzeń oraz wysłać powiadomienie do administratora.

```
################### Logwatch 7.3.6 (05/19/07) ####################
       Processing Initiated: Tue Jan 11 15:46:30 2011
       Date Range Processed: yesterday
                             ( 2011-Jan-10 )
                             Period is day.
     Detail Level of Output: 0
             Type of Output: unformatted
          Logfiles for Host: sala307dd.szkola
 ##################################################################

---------------------- httpd Begin ------------------------

Requests with error response codes
   404 Not Found
      /favicon.ico: 6 Time(s)
      /nabor-fronton/: 1 Time(s)

----------------------- httpd End -------------------------


--------------------- pam_unix Begin ------------------------

su:
   Sessions Opened:
      (uid=500) -> root: 2 Time(s)

su-l:
   Sessions Opened:
      karont(uid=500) -> root: 2 Time(s)


---------------------- pam_unix End -------------------------
```

Rys. 7. Codzienny raport programu logwatch

Raz na jakiś czas administrator systemu powinien dokonać też audytu systemu pod kątem podatności na włamania. Służy do tego narzędzie *Nessus*, które za pomocą skryptów realizuje algorytmy znanych włamań. Audyt taki ma na celu, nie tylko wykrycie luk w konfiguracji bezpieczeństwa, ale i wykrycie ewentualnego pojawienia się nowych np. na skutek aktualizacji niektórych programów.

WNIOSKI

Ochrona systemu operacyjnego, mimo że sama w sobie jest tylko częścią szerszego zagadnienia, jakim jest ochrona informacji, jest zagadnieniem skomplikowanym i rozbudowanym. Wynika to głównie z ilości oraz rozmaitości zagrożeń, na jakie narażony jest system operacyjny. Są nimi: udostępnianie poufnych danych, uszkodzenie danych, blokada usługi oraz przejęcie systemu przez wirusy. Każde z powyższych zagrożeń może pojawić się łącznie z innymi, co prowadzi do wzrostu ich ilości.

Z tego względu mechanizmy ochrony systemu zostały podzielone na warstwy bezpieczeństwa: fizycznego, systemu plików, sieci, sieci granicznej, aplikacji, dostępu i uwierzytelniania. Każda z warstw posiada swoje mechanizmy ochrony i wymaga okresowego monitoringu działania a także audytu celem upewnienia się, że działa poprawnie. Podział na warstwy wprowadzono celem ułatwienia opracowania mechanizmów bezpieczeństwa. Od poprawności konfiguracji każdej z warstw zależy bezpieczeństwo całego systemu operacyjnego.

Opisane powyżej zagadnienie dobrze obejmuje tzw. polityka bezpieczeństwa, czyli dokument opisujący w spójny sposób zbiór precyzyjnych reguł i procedur, które są wykorzystywane do organizowania i zarządzania zasobami oraz systemami informatycznymi. Tworząc taki dokument, osoba odpowiedzialna za bezpieczeństwo informacji, musi uwzględnić w nim sposób zabezpieczania poszczególnych grup lub konkretnych systemów operacyjnych z uwzględnieniem roli, jaką pełnią one w całym systemie informatycznym. Oznacza to konieczność opracowania integralnej koncepcji zabezpieczenia z uwzględnieniem wszystkich warstw.

Na zakończenie warto wspomnieć o pewnym rodzaju zagrożenia, które opisano w wrześniowym numerze Świata Nauki z 2010 r. Zagrożenie to polega na takiej modyfikacji układów scalonych, z których zbudowany jest system komputerowy, aby pełniły one funkcje wirusa lub tylnego wejścia do systemu operacyjnego. W zasadzie, jeśli modyfikacja taka zostanie wykryta to jedyne, co można zrobić, to wyłączyć komputer. Autor artykułu opisuje, co prawda, kilka metod ochrony przed tego rodzaju zagrożeniami, lecz wszystkie sprowadzają się do rozbudowy istniejących układów scalonych o dodatkowe moduły realizujące ochronę przed „chipem trojańskim".

Kwestia bezpieczeństwa systemów operacyjnych jest otwarta. Wciąż, bowiem pojawiają się nowe zagrożenia a także rozwiązania pozwalające im zapobiegać. Oznacza to, ze bezpieczeństwo systemu operacyjnego to proces a nie stan i aby uzyskać właściwy poziom tego bezpieczeństwa trzeba na bieżąco śledzić wszystkie doniesienia o zagrożeniach oraz zabezpieczeniach.

BIBLIOGRAFIA

1. Liderman K.: Podręcznik administratora bezpieczeństwa teleinformatycznego. Wydawnictwo MIKOM, Warszawa 2003.
2. Tanenbaum A.S.: Systemy operacyjne. Wydawnictwo HELION, Gliwice 2010.
3. Hontanon R.J.: Bezpieczeństwo systemu Linux. Wydawnictwo MIKOM, Warszawa 2002.
4. Dostalek L. Bezpieczeństwo protokołu TCP/IP. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
5. Szor P. Wirusy rozpoznawanie i obrona. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
6. Lowe R. Kernel Linux – przewodnik programisty. Wydawnictwo HELION, Gliwice 2004.
7. Benevenuti C. Linux – mechanizmy sieciowe. Wydawnictwo HELION, Gliwice 2006.
8. Von Hagen W. Systemy plików w Linuksie. Wydawnictwo HELION, Gliwice 2002.
9. Dr Cohen F.B. A short Course on Computer Viruses. Wiley Professional Computing, Nowy Jork 1994.
10. Morris R., Thompson K. Password Security: A core history. Tom 22 Commun. of the ACM, 1979: 594–597.
11. Klein D.V. Foiling the Crakcer: A survey of, and Improvments to, Password Security. UNIX Security Workshop II 1990.
12. Villasenor J.: Haker w sercu komputera. Świat nauki, nr 9, 2010: 70–75.

ANALYSIS OF MEANS AND METHODS OF PROTECTION THE OPERATING SYSTEMS

Summary

The means and methods of protection the safety of operating systems were analyzed in this study. Protection of the operating system is only part of a wider problem – protection of the information. At the beginning, the risks to which the operating system is exposed were described indicating that it should be covered the extent of protection. Then, the analysis of methods of protection was done, pointing to the hazard, which prevents. Protecting the operating system is implemented using their own mechanisms as well as using external programs. In this paper the main attention is focused on operating system security mechanisms and specialized programs were discussed in lesser extent.

Key words: operating system, information assurance, data security, system administration.

Paweł Wlaź*

WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII VNC DO URUCHAMIANIA PROGRAMÓW W PRZEGLĄDARCE INTERNETOWEJ

Streszczenie. Współczesna technologia komputerowa oferuje różnorodność systemów operacyjnych, środowisk programowania, bibliotek runtime itp. Nie zawsze jest możliwe (lub pożądane) instalowanie programu na komputerze klienckim. Stąd koncepcja uruchomienia takiej aplikacji w oknie przeglądarki WWW. Poza tworzeniem wersji demo (a w niektórych wypadkach nawet w pełni funkcjonalnej aplikacji) gotowej do użycia bez konieczności instalacji, zastosowaniem jest rozszerzenie gamy oprogramowania, które serwer może wykorzystywać na swoich stronach WWW do praktycznie każdego programu dającego się uruchomić na platformie serwera. Po stronie klienta WWW wystarczy przeglądarka obsługująca aplety Javy, po stronie serwera jedyny dodatkowy wymóg to zainstalowanie darmowego serwera VNC. Jest to rozwiązanie tanie, zarówno ze względu na koszty dodatkowego oprogramowania jak i niewielkie wymagania co do zasobów systemu komputerowego.

Słowa kluczowe: Virtual Network Computing, wieloplatformowość, serwery X11.

WSTĘP

Sieć WWW powstała jako technologia zbudowana na bazie protokołu TCP/IP i aplikacji wykorzystujących język HTML, który umożliwia tworzenie tzw. hipertekstu w którym elementy tekstowe i multimedialne przeplatają się z odnośnikami do innych miejsc w sieci. Następnie rozwinięto mnogość technologii wzbogacających możliwości (związane na przykład z interaktywnością, multimedialnością, wykorzystaniem baz danych i.t.p.) WWW. Jednak istnieje i wciąż powstaje dużo oprogramowania typowo desktopowego, o wieloletniej tradycji, wspaniałych możliwościach graficznych, bogatych bibliotekach. Zagadnieniem, któremu zostanie poświęcony ten artykuł, jest uruchomienie takiego programu w przeglądarce WWW, na dowolnej platformie, bez dokonywania w takim programie żadnych zmian, bez ponownej kompilacji, bez tworzenia specjalnej wersji, bez żadnych zmian sposobu wyświetlania i.td.

PROTOKÓŁ REMOTE FRAMEBUFFER ORAZ SYSTEM VIRTUAL NETWORK COMPUTING

Protokół Remote Framebuffer

Przez *Framebuffer* zwykle rozumie się urządzenie kierujące wyświetlaniem na monitorze zawartości bufora pamięci opisującego kompletny układ właściwości pikseli. Zdarza się

* Katedra Matematyki Stosowanej Politechniki Lubelskiej, p.wlaz@pollub.pl

też użycie tego terminu jako samego tylko bufora pamięci (zob. [2,3]). Zatem RFB jest sieciowym protokołem umożliwiającym przesyłanie obrazu przeznaczonego do wyświetlenia na monitorze. Jego specyfikacja jest dostępna w sieci (np.[1]).

RFB powstał w *Olivetti Research Laboratory* w latach 90 jako wsparcie dla komunikacji serwera ze stacjami graficznymi pracującymi w technologii cienkich klientów (*thin clients*). Metoda była oryginalna w stosunku do innych o podobnej funkcjonalności, zaprojektowana od podstaw z myślą o prostocie i minimalnych wymaganiach po obu stronach układu. Bardziej istotne okazało się zastosowanie RFB w opi sanym poniżej systemie VNC. Po zamknięciu *Olivetti Research Laboratory* (2002 r.) praca nad RFB oraz VNC jest kontynuowana, głównie w projektach *RealVNC* [4], *TigerVNC* [5], *TightVNC* [6].

W protokole RFB komunikacja między komputerami odbywa się poprzez protokół TCP. Klient łączy się z serwerem używając portów 5900, 5901, i.t.d. Część implementacji uruchamia również specjalny serwer WWW na porcie o numerze o 100 mniejszym (a więc np. dla serwera uruchomionego na porcie 5910 jest również uruchomiony odpowiadający mu serwer WWW na porcie 5810). Nie ma przeszkód by użyć innych portów TCP, wymaga to jednak modyfikacji standardowego oprogramowania po obu stronach internetowego połączenia.

System Virtual Network Computing

Virtual Network Computing jest systemem, który umożliwia komputerowi-klientowi przechwycenie sesji (np. pulpitu systemu *MS Windows*, sesji serwera w systemie unix/linux, lub sesji Mac OS X). System zasadniczo składa się z oprogramowania dla klienta (oprogramowania umożliwiającego przechwycenie sesji na odległej maszynie) oraz z oprogramowania dla serwera (oprogramowania, które umożliwi „eksport" sesji z danego komputera-serwera do odległego klienta). Podstawowym budulcem umożliwiającym komunikację jest omówiony wcześniej protokół RFB. Ze względu na prostotę przesyłanych danych (informacja o kolorze wypełniającym prostokątne obszary pulpitu) i niezależny od platformy protokół komunikacyjny TCP, system VNC jest z natury wieloplatformowy. Nie ma więc nic dziwnego w obsłudze z komputera z Mac OS X sesji graficznej uruchomionej na FreeBSD, bądź obsłudze pulpitu systemu MS Windows na komputerze z uruchomionym systemem Linux i.t.d. Każda z koncepcji omówionych w dalszym ciągu pracy daje się zrealizować oprogramowaniem otwartym.

Typowe zastosowanie tej technologii jest oczywiste: przechwytywanie pulpitu i klawiatury komputera: czasem w celach serwisu lub pomocy, czasem dla wygodnego sterowania aplikacją uruchomioną na innym komputerze. Często używa się tego rozwiązania do lepszej kontroli serwera pozbawionego fizycznego urządzenia wyświetlającego. Ciekawsze zastosowanie omówię w punkcie wskazującym na różnicę w sesjach VNC dla pulpitu MS Windows i dla sesji serwera X11.

Dla wygody użytkowników, oprócz typowych programów klienckich, w projektach VNC są również obecne aplety javy, które umożliwiają wyświetlenie pulpitu bezpośrednio w przeglądarce. Aplet javy jest oczywiście niezależny od platformy (wymaga jedynie środowiska uruchomieniowego dla wirtualnej maszyny javy, co można uznać obecnie za całkowicie powszechne.

Różnica między serwerem VNC uruchomionym w systemie MS Windows i w X Window

VNC uruchomione w MS Windows wykonuje zadanie zgodne z pierwotnym zamierzeniem: umożliwia przechwycenie innemu komputerowi pulpitu komputera na którym serwer VNC został uruchomiony. To nie jest wystarczające do wykonania zadania o którym mowa w artykule. Nieco inaczej ma się rzecz w przypadku systemu X Window

X Window (zob. [7]) to graficzny system komputerowy ułatwiający programom tworzenie interefejsu komunikującego z użytkownikiem (okienek). System ten składa się z dwu części: serwera, zwanego serwerem X, serwerem X Window, lub serwerem X11 (od głównej cześci numeru wersji systemu, X11 po raz pierwszy opublikowany w 1987 roku) oraz klienta. Serwer to oprogramowanie które na żądanie klienta (np. uruchomionej przez użytkownika aplikacji, bądź menedżera okien) wyświetla elementy graficzne na ekranie, oraz obsługuje urządzenia wejściowe (mysz, klawiatura i.t.p.). Serwer X11 wykonuje jedynie relatywnie proste operacje, nawet zmiana rozmiaru okien jest zadaniem organizowanym przez klienta. Komunikacja między serwerową i kliencka częścią oprogramowania X11 jest zorganizowana sieciowo i w sposób niezależny od fizycznego miejsca pracy tych elementów: klient X11 i serwer X11 mogą funkcjonować w całkowicie różnych lokalizacjach.

X Window jest podstawą systemów okienkowych w wielu odmianach systemu UNIX i Linux. Chociaż MAC OS X (także klasyfikowany jako system uniksowy) ma inny system okienkowy, to można i na nim zainstalować oprogramowanie umożliwiające uruchamianie X11, takie oprogramowanie istnieje także dla MS Windows.

Ważną cechą systemów uniksowych jest to, że ich funkcjonowanie może być całkowicie niezależne od systemu okienkowego, a także to, że uruchomionych serwerów X11 może być w takim systemie więcej niż jeden. Z tego korzysta się przy okazji technologii serwerów VNC. Oczywiście można uruchomić serwer VNC który umożliwi eksportowanie faktycznie używanego pulpitu danej maszyny (czyli powiązanego z odzwierciedlanym fizycznie serwerem X11). Ale jeszcze ciekawsze jest utworzenie wirtualnego serwera X11, który nie jest fizycznie odzwierciedlony w systemie komputerowym serwera, natomiast może być następnie używany za pomocą klienta VNC uruchomionego na dowolnej innej maszynie. To zasadnicza możliwość z której będziemy korzystali w dalszej części pracy.

Na przykład, jeżeli na komputerze z zainstalowanym oprogramowaniem serwera VNC (potrzebuje miejsca rzędu zaledwie kilku MB) wydamy polecenie

```
vncserver :10
```

to zostanie utworzony serwer VNC nasłuchujący na porcie 5910 żądań od klientów VNC. Warto zwrócić uwagę, że taki serwer może zostać uruchomiony przez użytkownika, który nie posiada uprawnień administracyjnych, ponadto takie uruchomienie wymaga jedynie zalogowania się w systemie (na przykład za pomocą *ssh*) i nie jest do tego konieczne jakiekolwiek urządzenie wyświetlające przyłączone do komputera. Jest to więc znakomita opcja dla serwerów fizycznie odseparowanych od świata, do konfiguracji których chcielibyśmy od czasu do czasu używać oprogramowania z graficznym interfejsem użytkownika.

Uruchomiony zostanie nie tylko odpowiednik serwera X11, ale najczęściej także menedżer okien (w systemie uniksowym to menedżer okien zarządza rozmieszczaniem okien, minimalizacją, uruchamianiem aplikacji i.t.d.). Na ogół mamy wiele menedżerów okien do wy-

boru, najpopularniejsze z nich to *kde, gnome, xfce, fluxbox, icewm.* Wyboru dokonuje się w pliku konfiguracyjnym `$HOME/.vnc/xstartup`. Oto przykład zawartości takiego pliku:

```
1.      #!/bin/sh
2.      xsetroot -solid grey
3.      vncconfig -nowin &
4.      fluxbox &
```

Pierwsza linia to specjalny komentarz, wyjaśniający jaki program ma zinterpretować kolejne linie. Druga linia ustawia tło na jednolicie szare (co być może zostanie zmienione przez tło pulpitu menedżera okien włączonego za chwilkę), trzecia linijka sprawi, że system kopiowania/wklejania będzie współdzielony przez oprogramowanie klienta VNC i serwera VNC, czwarta linia uruchamia konkretny program, w tym przypadku menedżer okien *fluxbox,* który następnie zajmie się całą resztą (rysowaniem menu, uruchamianiem aplikacji i.t.d.). Znaki & to zwykłe dla interpretera *sh* komunikaty żądające uruchomienia polecenia w tle i przejścia do następnego.

Uruchomienie takiego wirtualnego serwera jest bardzo wygodną techniką, gdy chcemy by program działał długo. Wtedy wystarczy na działającym bez przerwy serwerze uruchomić taki wirtualny serwer VNC, przyłączyć się do niego klientem VNC, na tym serwerze uruchomić program o który nam chodzi, następnie odłączyć się i można do niego powrócić po kilku dniach. Dotyczy to programów wymagających środowiska graficznego, gdyż dla programów działających w trybie tekstowym, analogiczną funkcjonalność (możliwość uruchomienia na serwerze i wielokrotnego przyłączania/odłączania się) można uzyskać programem *screen*.

URUCHOMIENIE PROGRAMU OKIENKOWEGO DLA PLATFORMY SERWERA W OKNIE PRZEGLĄDARKI KLIENTA

W rozdziale tym opisany zostanie sposób uruchamiania dowolnego programu okienkowego działającego na serwerze, w oknie przeglądarki WWW komputera klienta. To oryginalna metoda wykorzystana z powodzeniem przez autora w kilku przypadkach, używająca technologii opisanych w poprzednich punktach.

Założenia i ogólny schemat połączenia

Będziemy zakładali, że na serwerze uruchomiony jest serwer WWW oraz zainstalowane jest oprogramowanie VNC. Ponadto zainstalowany jest pewien interesujący nas program, skompilowany na platformę serwera, działający w trybie graficznym, którego udostępnienie użytkownikom dowolnej innej platformy nas interesuje. Ze względu na różnice między serwerami, które zostały opisane w punkcie , będziemy zakładali, że na serwerze oprogramowanie graficzne kompilowane jest dla systemu X Window (serwera X11), tak więc dotyczy to wszystkich typowych aplikacji GUI w systemach linux, BSD, Solaris i.t.p.

Naszym zadaniem jest umożliwienie użytkownikowi uruchomienia (i używania) programu, skompilowanego i używającego zasobów serwera, w oknie przeglądarki WWW. Pomysł polega na tym, by w przeglądanej stronie WWW umieścić (np. odpowiednim skryptem CGI lub php, który będzie mógł skorzystać z zasobów serwera):

- żądanie polecenia uruchomiające serwer VNC o odpowiednim, wolnym numerze,
- serwer VNC dla uruchomiającego go użytkownika (np. użytkownika *apache* dla współczesnych wersji popularnego serwera WWW *Apache*) zamiast uruchamiania menedżera okien, po prostu uruchamia interesujący nas program, w pliku konfiguracyjnym można też wpisać dodatkowe elementy konfiguracyjne, jak ścieżki dostępu do programów, by stworzyć naturalne środowisko dla uruchamianego programu, po zakończeniu pracy programu, serwer VNC kończy swoją pracę
- skrypt, którego działanie opisano wyżej musi następnie wygenerować kod uruchamiający aplet javy *vncviewer*, podając mu jako parametry, między innymi, nazwę hosta, numer portu, i inne.

W naszym przykładzie posłużymy się skryptem napisanym w języku *sh* (*Bourne shell*) – a więc popularnym i tradycyjnym na serwerach uniksowych języku skryptowym ogólnego zastosowania. Intuicyjność składni, wygodne odczytywanie wyników pracy innych programów, powszechna dostępność – to ważne zalety, które zadecydowały o wyborze akurat tego języka. Bez problemu można oczywiście osiągnąć podobny efekt np. w języku *php*.

Wykrycie wolnego portu dla serwera VNC

W przykładzie tym, dla naszego programu rezerwujemy 10 serwerów VNC, o numerach od 50 do 59 (czyli porty TCP o numerach od 5950 do 5959). To istotne ustalenie. Musi ono współgrać z liczbą dopuszczalnych, jednoczesnych uruchomień programu, jakie zaplanowaliśmy, z ustawieniami firewalla.

Zatem pętla rozpoczynająca się w linii 3 (zob. ilustracja 1) próbuje znaleźć jeden nieużywany numer VNC z zakresu 50-59. (ten zakres jest skonfigurowany w zmiennej $NUMERY – zob. ilustrację 5). W tym celu uruchamia potok poleceń *netstat* (wyświetlające m.in. połączenia TCP naszego komputera), *fgrep* (wyszukujące wzorzec) i *awk* (w tym wypadku jedynie wypisujący na wyjście szóste wyrażenie z listy podanych) dający jako wynik status połączenia serwera VNC o badanym właśnie numerze. Jeżeli nie ma ono statusu ESTABLISHED (połączenie ustanowione), to oznacza, że ten serwer nie jest wykorzystywany. Oczywiście zakładamy tu, że te numery są zarezerwowane wyłącznie dla naszego celu. W przeciwnym wypadku bowiem, sensowna praca serwera VNC bez chwilowego połączenia z odległym klientem jest czymś najzupełniej normalnym.

Na zakończenie funkcji, wynik jej obliczeń (numer „wolnego” serwera VNC, bądź słowo „brak” jeśli takiego numeru nie ma) zostaje umieszczony w zmiennej `$DOBRY`.

```
1.  function znajdz_numer(){
2.        DOBRY=brak
3.        for NUMER in $NUMERY
4.        do
5.              ES=`netstat -n  | fgrep $SERWER:59$NUMER \
6.                    | tail -1 | awk '{print $6}'`
7.              if [ "$ES" != "ESTABLISHED" ]
8.              then
9.                    let DOBRY=$NUMER
10.             fi
11.       done
12. }
```

Rys. 1. Opis funkcji znajdz_numer()

```
1.  function start_vnc(){
2.        export HOME=/home/demo;
3.        /usr/bin/vncserver -kill :$DOBRY
4.        /usr/bin/vncserver :$DOBRY -SecurityTypes None       \
5.              -NeverShared -AcceptCutText                    \
6.              -SendCutText -DisconnectClients=0              \
7.              -geometry "$SZER"x"$WYS" >& /dev/null &
8.        sleep $OCZEKIWANIE
9.  }
```

Rys. 2. Opis funkcji start_vnc()

Uruchomienie serwera VNC

Gdy już zostanie wykryty wolny numer, kolejną czynnością jest uruchomienie serwera VNC. W naszym przykładowym skrypcie dokonuje tego funkcja `start_vnc()`. Jej pełny opis znajduje się na ilustracji 2. Zostaną teraz omówione jej zasadnicze elementy.

Skrypt CGI jest uruchamiany przez serwer WWW, w tym konkretnym wypadku jest to serwer APACHE, który nie ma swojego typowego „katalogu domowego" (katalogu w którym użytkownik przechowuje m.in. pliki konfiguracyjne uruchamianych aplikacji). Stąd linijka 2 skryptu, która ustawia zmienna środowiskową $HOME na wartość wskazującą „katalog domowy". Jest to niezbędne choćby po to, by *vncserver* wiedział gdzie jest katalog z plikiem x*startup*, który został opisany w punkcie .

Zakładamy, że poprzednio została uruchomiona funkcja *znajdz_numer()*, która ustawiła zmienną $DOBRY na właściwą wartość. To oznacza, że jeden z zarezerwowanych numerów serwera VNC jest wolny, w tym sensie, że nie ma aktywnego połączenia. Jest jednak możliwe, że klient przerwał połączenie (np. zamykając przeglądarkę, ale bez zamykania programu uruchomionego w jej oknie) i choć połączenia nie ma, to serwer na tym numerze wciąż pracuje. Stąd linia 3, która unicestwia serwer VNC działający pod numerem $DOBRY.

Linia 4 (i jej kontynuacje w liniach 5, 6, 7) to uruchomienie serwera o numerze $DOBRY. Polecenie uruchamiające to *vncserver,* jego pierwszy parametr podawany po dwukropku oznacza numer serwera. Parametr `-NeverShared` (linia 5) oznacza żądanie, by do jednego serwera VNC podłączony mógł być co najwyżej jeden klient (to sensowne założenie przy tym rodzaju zastosowania technologii VNC, jakie tu omawiamy). Parametry `-AcceptCutText` (linia 5) oraz `-SendCutText` (linia 6) umożliwiają wymianę danych za pomocą kopiowania/wklejania. Parametr `-DisconectClient=0` (linia 6) zabrania rozłączania istniejącego połączenia w przypadku żądania podłączenia do tego samego serwera VNC. by do jednego serwera VNC podłączony mógł być co najwyżej jeden klient (to sensowne założenie przy tym rodzaju zastosowania technologii VNC, jakie tu omawiamy). Parametr `-geometry` (linia 7) ustawia szerokość i wysokość serwera VNC na podaną liczbę pikseli. Uruchomienie serwera spowoduje jednocześnie – co omówione zostanie w punkcie – uruchomienie właściwej aplikacji. W zależności od mocy serwera i rodzaju aplikacji, może to potrwać nawet kilka sekund, więc żeby w przeglądarce WWW uniknąć pewnych niezręczności związanych z oczekiwaniem na wyświetlenie okna aplikacji, w skrypcie CGI dodajemy linię 8, która spowoduje oczekiwanie z generowaniem dalszej części strony WWW przez liczbę sekund podana w zmiennej $OCZEKIWANIE (zob. także ilustrację 5).

Uruchomienie właściwej aplikacji

W typowym użyciu, plik konfiguracyjny *xstartup* wykorzystywany przez serwer VNC uruchamia menedżera okien, który następnie w zwykły sposób będzie wykorzystywał użytkownik, który się do tego serwera przyłączy. W naszym przypadku postąpimy inaczej. Mianowicie w pliku *xstartup* (w katalogu `$HOME/.vnc`) w przedostatniej linii umieścimy polecenie uruchamiające główną aplikację którą zamierzamy udostępnić w przeglądarce WWW. Ostatnią linią (która zostanie uruchomiona po zakończeniu wykonywana aplikacji) może być zakończenie pracy serwera działającego pod danym numerem.

Takie uproszczone podejście nie zapewni nam pięknych dekoracji okien, ale zminimalizuje zagrożenie przejęcia zasobów komputera przez niepowołana osobę i znacznie uprości przebieg całego procesu.

Wyświetlanie okna *vncservera* za pomocą jako fragmentu strony WWW

Do wyświetlenia *vncservera* uruchomionego opisanymi w poprzednich punktach poleceniami użyjemy apletu Javy. Taki aplet (zwykle w formie archiwum Javy o nazwie *VncVie-*

wer.jar) dostarczany jest przez różne organizacje oferujące oprogramowanie VNC. Różnią się one nazwą głównej klasy i klas pomocniczych (np. w jednym archiwum *jar* do głównej klasy odwołujemy się przez nazwę *VncViewer.class,* w innym *vncviewer/VNCViewer.class*). Poważniejsze różnice dotyczą parametrów przekazywanych apletowi oraz stylowi działania.

W niniejszej pracy użyty został aplet przygotowany przez [6]. Aplet ten przyjmuje szereg parametrów, z których wykorzystamy następujące: *PORT* (to numer portu TCP na którym nasłuchuje serwer VNC do którego aplet ma się podłączyć), *HOST* (to numer IP bądź nazwa domenowa komputera na którym uruchamiony został serwer VNC), *Show Controls* (czy pokazywać panel z elementami sterującymi przyłączeniem do sesji VNC) *Offer Relogin* (czy oferować możliwość ponownego nawiązania zerwanego połączenia). Instrukcje głównego skryptu CGI, który wygeneruje fragment strony odpowiedzialny za uruchomienie apletu zostały ujęte w formie wyodrębnionej funkcji *start_aplet()*. Jej instrukcje zostały wypisane na ilustracji 3.

```
1.  function start_aplet(){
2.  echo '<h1>Drift</h1>'
3.  echo '<applet code="VncViewer.class"    \
4.  echo '       archive='
5.  echo ' "http://mat.pol.lublin.pl/~pwlaz/dryf/VncViewer.jar"'
6.  echo '        width="'$SZER'" height="'$WYS'">'
7.  echo '<param name="PORT" value="59'$DOBRY'" />'
8.  echo '<param name="HOST" value="mat.pol.lublin.pl" />'
9.  echo '<param name="Show Controls" value="No" />'
10. echo '<param name="Offer Relogin" value="No" />'
11. echo '</applet>' }
```

Rys. 3. Funkcja start_aplet()

Linia druga jest oczywiście opcjonalna i nieistotna dla całej koncepcji. w linii trzeciej rozpoczyna się generowanie kodu uruchamiającego aplet (w szczególności podana jest nazwa głównej klasy apletu). W linii piątej podane jest położenie archiwum Javy, które zawiera potrzebne klasy. W linijce 6 podane są (w sposób sparametryzowany) szerokość i wysokość potrzebną do wyświetlenia apletu. Linia 7 podaje numer portu TCP serwera VNC za pomocą obliczonej uprzednio zmiennej $DOBRY, pozostałe linie to nadanie oczywistych wartości omówionym uprzednio parametrom i domknięcie elementu *applet.*

Pozostałe elementy skryptu

Omówione w punktach – fragmenty kodu składają się, jak już to powiedziano, na skrypt CGI, wywoływany na życzenie użytkownika. W skrypcie tym umieszczone są wszystkie omówione już funkcje i jeszcze kilka elementów, które zostaną teraz przedstawione.

Skrypt CGI musi wygenerować pełną stronę w języku opisu dokumentów WWW. Początek tego zadania (wygenerowanie kodu strony aż do elementu otwierającego <body>) wykonuje funkcja *start_html()* (ilustracja 4). Strona powinna zostać prawidłowo (w sensie języka opisu stron WWW) domknięta, wykona to funkcja *koniec_html()*. Jej kod jest umieszczony na ilustracji 5.

```
1.  function start_html(){
2.  echo -e "Content-type:text/html\n\n"
3.  echo '<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 '\
4.      'Transitional//EN" "http://www.w3.org/TR/xhtml1'
5.      '/DTD/xhtml1-transitional.dtd">'
6.  echo -e "\n"'<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml"'\
7.      ' xml:lang="en" lang="en">'
8.  echo '<head><meta http-equiv="Content-Type"'
9.  echo 'content="text/html; charset=iso-8859-1" />'
10. echo '<link rel="SHORTCUT ICON" href="css/favicon.ico" />'
11. echo '<link rel="StyleSheet"'\
12.     ' href="http://mat.pol.lublin.pl/~pwlaz/dryf/css/'\
13.     'drift.css" />';
14. echo '<link rel="StyleSheet" href="http://mat.pol.'\
15.     'lublin.pl~pwlaz/dryf/css/drift1.css" />'
16. echo '<title>dryf demo</title></head><body>'
17. }
```

Rys. 4. Funkcja start_html() generująca początkową część kodu html

Ilustracja 5 zawiera także pozostałe funkcje skryptu, oraz nadanie wartości istotnym stałym. W liniach 2-3 nadano wartości początkowe stałym używanym przez poprzednio omówione funkcje. Funkcja *akcja()* (linie 10-19) organizuje całą pracę skryptu:

– uruchamia generowanie początkowej części opisu strony,
– wywołuje wyszukiwanie wolnego portu dla serwera VNC,
– jeśli go znajdzie wywołuje uruchomienie serwera VNC na odpowiednim porcie i generowanie kodu związanego z apletem *vncviewer,* w przeciwnym przypadku wywołuje

```
1.  #! /bin/sh
2.  export SZER='850';export WYS='700';export NUMERY=`seq 50 59`
3.  export SERWER='212.182.59.3';export OCZEKIWANIE='2'
4.  function niepowodzenie(){
5.           echo "<p>sorry, you have to try later</p>"
6.  }
7.  function koniec_html(){
8.  echo '</body></html>'
9.  }
10. function akcja() {
11. start_html; znajdz_numer
12. if [ "$DOBRY" = "brak" ]
13. then
14.         niepowodzenie
15. else
16.         start_vnc;start_aplet
17. fi
18. koniec_html
19. }
```

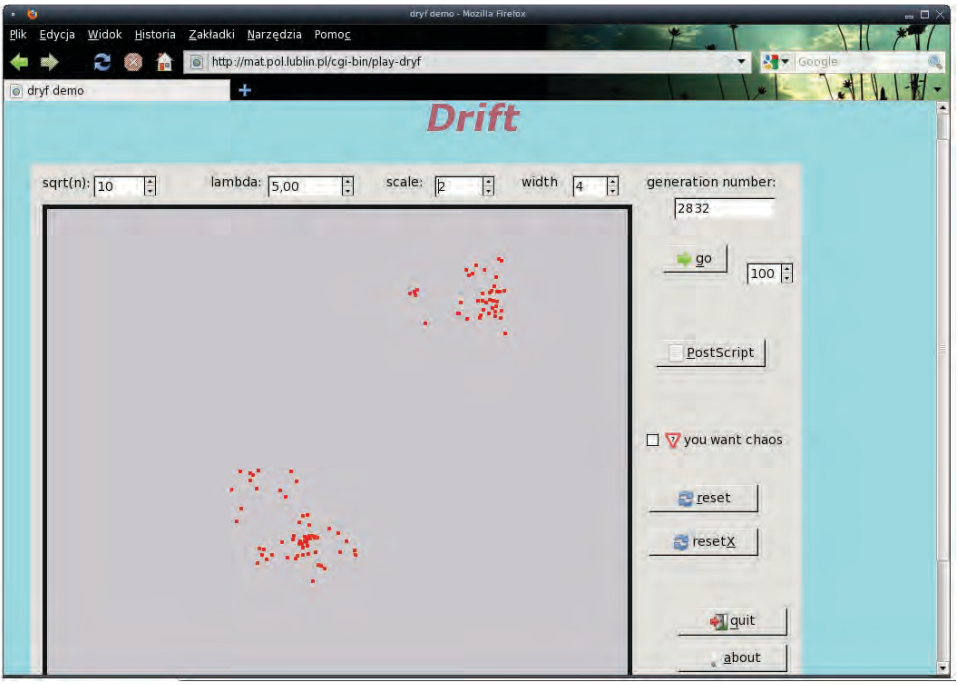
Rys. 5. Pozostałe elementy opisywanego skryptu CGI

funkcję *niepowodzenie()* (która wygeneruje kod wyświetlający komunikat o niemożności uruchomienia aplikacji, linie 4-6),
– na zakończenie wygeneruje kod domykający otwarte elementy *html*.

Pełną zawartość całkowicie funkcjonalnego skryptu CGI uzyskamy doklejając na koniec ilustracji 5 linijki z omówionych ilustracji 1, 2, 3, 4. W ostatniej linii utworzonego pliku umieszczamy polecenie `akcja`, które uruchomi proces wykonujący zadanie naszego skryptu.

PODSUMOWANIE

W pracy została omówiona metoda, która w sposób uniwersalny pozwala dowolny program, także z okienkowym GUI, skompilowany na platformę serwera, uruchomić na serwerze, lecz sterować jego pracą i obserwować wyniki w oknie przeglądarki WWW na komputerze klienta działającym na całkiem dowolnej, współczesnej platformie. Pomysł narodził się przy okazji pewnego programu, który do uruchomienia w systemie Windows wymaga



Rys. 6. Aplikacja działająca na odległym serwerze, „uruchomiona" w oknie przeglądarki

instalowania dodatkowych bibliotek, a więc pewnego skomplikowania systemu dla – być może – jednorazowej potrzeby. Stąd pomysł udostępnienia aplikacji w wersji demonstracyjnej. Omówiona koncepcja umożliwiła to bez konieczności przeprowadzania jakichkolwiek zmian w demonstrowanej aplikacji, która po prostu „działa" w oknie przeglądarki – jak na ilustracji 6.

BIBLIOGRAFIA

1. Richardson T., Levine J.: The Remote Framebuffer Protocol, http://tools.ietf.org/id/draft-levine-rfb-03.txt
2. Shoup R.: SuperPaint: An Early Frame Buffer Graphics System. IEEE Annals of the History of Computing, 2001: 32-37.
3. Protokół RFB, http://en.wikipedia.org/wiki/RFB_protocol#History
4. Real VNC, http://www.realvnc.com
5. Tiger VNC, http://tigervnc.org
6. Tight VNC, http://www.tightvnc.com
7. X Window System, http://pl.wikipedia.org/wiki/X_Window_System

USING VNC TECHNOLOGY FOR RUNNING PROGRAMS IN WWW BROWSERS

Summary

Nowadays computer technology offers variety of operating systems, programming environments, runtime libraries, etc. Sometimes it is not possible (or desired) to install given program on a client computer. Thus the concept of running given application in the window of WWW browser. Apart from making demo versions (or even fully functional applications in some cases) which is ready to use without the need for installation, we also broaden the spectrum of programs that can be used by a server on its WWW pages to virtually all programs that can be run of this server platform. On a client side it is enough to have a browser which is Java applet ready. On a server side the only additional demand is installation of free VNC server. The costs of this solution are very low, in respect to both additional software costs and demands for system resources.

Key words: Virtual Network Computing, cross-platform software, X11 servers.

Halina Marczak*

WYBRANE ASPEKTY BADAŃ WYKORZYSTANIA PODZIEMNYCH WYROBISK GÓRNICZYCH DO SKŁADOWANIA ODPADÓW

Streszczenie. Budowa składowisk odpadów w formacjach geologicznych pod powierzchnią ziemi jest zadaniem wieloetapowym i trudnym, szczególnie w przypadku składowania odpadów niebezpiecznych. Poszczególne etapy obejmują wstępną selekcję lokalizacji składowiska, prowadzenie badań terenowych i laboratoryjnych, prace projektowe i budowlane oraz eksploatację składowiska. Ocenia się, że w celu podziemnego składowania odpadów można wykorzystać również wyrobiska poeksploatacyjne, m.in. komory ługownicze w złożach soli kamiennej. Wtórne wykorzystanie komór stawia przed projektantami zadanie zaprojektowania wyrobisk tak, by rozkład naprężeń i temperatur w masywie skalnym utrzymywał się na dopuszczalnym poziomie. W pracy przeanalizowano wpływ wymiarów eliptycznego przekroju poprzecznego wyrobiska na koncentrację naprężeń w masywie skalnym otaczającym wyrobisko. Obliczenia pozwalają ustalić warunki powstania naprężeń wtórnych niekorzystnych dla stateczności komory.

Słowa kluczowe: podziemne składowanie odpadów, pierwotny stan naprężenia, wtórny stan naprężenia, eliptyczny przekrój poprzeczny wyrobiska, wyrobiska górnicze.

WSTĘP

Aktualnie gospodarowanie niektórymi odpadami polega na ich unieszkodliwianiu poprzez składowanie. Jako miejsca deponowania odpadów brane są pod uwagę składowiska powierzchniowe oraz podziemne. Budowa składowisk odpadów w formacjach geologicznych pod powierzchnią ziemi jest przedsięwzięciem wieloetapowym i trudnym, szczególnie w przypadku konieczności zapewnienia bezpiecznego składowania odpadów niebezpiecznych. Poszczególne etapy obejmują wstępną selekcję lokalizacji składowiska, prowadzenie badań terenowych i laboratoryjnych, prace projektowe i budowlane oraz eksploatację obiektu [4]. Od cech geologicznych i hydrogeologicznych środowiska skalnego zależy rodzaj przeznaczonych do składowania odpadów i ich odpowiednie konfekcjonowanie. Przy wyborze środowiska skalnego do budowy składowiska odpadów w pierwszej kolejności brane są pod uwagę skały o korzystnych warunkach hydrogeologicznych. Najkorzystniejsze są skały odizolowane od wód podziemnych, a w przypadku nie spełnienia tego warunku, skały o niskich parametrach filtracyjnych i nietrudnych warunkach wodnych. Na wybór miejsca składowania istotny wpływ ma potencjalne wzajemne oddziaływanie składowanych odpadów na otaczające środowisko skalne. Oddziaływanie może mieć charakter chemiczny, fizyczno-

* Katedra Inżynierii Procesowej, Spożywczej i Ekotechniki, Politechnika Lubelska, h.marczak@pollub.pl

-chemiczny, radiacyjny i nasilać się w warunkach podwyższonej temperatury i ciśnienia. Podjęcie decyzji o lokalizacji podziemnego składowiska odpadów uzależnione jest ponadto od własności mechanicznych skał. Najodpowiedniejsze są skały sprężyste o wysokiej wytrzymałości lub skały, które podlegają dużym deformacjom plastycznym.

Ocenia się, że na cele podziemnego składowania odpadów można wykorzystać również wyrobiska poeksploatacyjne, m.in. komory ługownicze w złożach soli kamiennej. Wtórne wykorzystanie komór stawia przed projektantami zadanie rozmieszczenia i doboru kształtu i wymiarów wyrobisk tak, aby rozkład naprężeń i temperatur w masywie skalnym utrzymywany był na zaplanowanym dopuszczalnym poziomie w okresie, w którym odpady stanowić będą zagrożenie dla biosfery i człowieka. Spełnienie tych wymagań ma istotne znaczenie, gdyż wzrost temperatury i naprężeń może niekorzystnie wpływać na własności geomechaniczne masywu skalnego. Szczególnie niepożądane są takie następstwa zmian temperatury i naprężeń, jak spękanie masywu skalnego i powstanie nowych dróg migracji wód podziemnych.

W pracy przeanalizowano wpływ wymiarów przekroju poprzecznego wyrobiska (komory) na koncentrację naprężeń w masywie skalnym otaczającym wyrobisko. W rozważaniach uwzględniono wyrobisko o eliptycznym przekroju poprzecznym.

STABILNOŚĆ PODZIEMNYCH KOMÓR WARUNKIEM ICH WYKORZYSTANIA DO SKŁADOWANIA ODPADÓW

Stabilne komory ługownicze zachowują kształt i wymiary, powstałe po wyługowaniu (brak odspajania skał) oraz pełną izolację za pomocą filarów od sąsiednich komór.

Ogólnie, budowa stabilnych komór zależy od stanu i jakości masywu skalnego [1]. Niepożądany jest taki stan, w którym na obwodzie wyrobiska podziemnego o planowanych wymiarach ma miejsce koncentracja naprężeń rozciągających. Równie niebezpieczny jest stan, w którym na obwodzie wyrobiska koncentrują się naprężenia ściskające będące przyczyną wzrostu wytężenia masywu skalnego otaczającego wyrobisko [1, 2].

Poznanie rozkładu naprężeń pierwotnych i wtórnych (powstaje po wykonaniu wyrobiska) w masywie skalnym w sąsiedztwie wyrobiska podziemnego, w związku z jego wykorzystaniem do składowania odpadów, jest zadaniem o priorytetowym charakterze. Wtórny stan naprężenia oddziałuje na tworzoną komorę w różnym stopniu, w zależności od własności otaczających skał. Własności skał będą decydowały ponadto o zmianie deformacji komory z upływem czasu.

Rozpoznanie własności mechanicznych masywu skalnego ma istotne znaczenie. Różny może być przy tym zakres badań związanych z rozpoznaniem własności mechanicznych masywu skalnego. Generalnie zakres tych badań zależy od przeznaczenia wyrobisk. Dodatkowe badania, w porównaniu do badań prowadzonych przy projektowaniu i wykonywaniu zwykłych wyrobisk, należy przeprowadzić w przypadku magazynowania w wyrobiskach odpadów emitujących ciepło, promieniowanie radioaktywne, itp. W takich przypadkach konieczne jest rozpoznanie zachowania się masywu skalnego pod wpływem podwyższonych temperatur oraz promieniowania radioaktywnego. Składowanie odpadów promieniotwór-

czych narzuca ponadto przewidywanie własności mechanicznych masywu skalnego w dłuższym okresie czasu, bowiem długi jest czas oddziaływania na środowisko skalne przechowywanych w wyrobiskach odpadów radioaktywnych.

W celu wyznaczenia własności mechanicznych masywu skalnego i oceny jego zachowania realizowane są programy obserwacji i pomiarów bezpośrednio w wyrobiskach podziemnych i na ścianach otworów wiertniczych, pomiarów laboratoryjnych i badań modelowych. Szczególnie szerokie zastosowanie znajduje modelowanie matematyczne rozkładu naprężeń w otoczeniu projektowanego wyrobiska w konkretnych warunkach geomechanicznych masywu skalnego i dla przyjętych parametrów geometrycznych wyrobisk. Analizując różne wartości składowych pierwotnego stanu naprężenia i różne wymiary przekroju poprzecznego wyrobisk (komór ługowniczych) można ocenić, w których miejscach na obwodzie wyrobisk powstaną niepożądane naprężenia rozciągające, a zatem problemy związane z ich stabilnością. Na podstawie obliczeń można ustalić parametry geometryczne wyrobisk, przy których nie powstaje niekorzystna, zwiększona koncentracja naprężeń.

ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ EKSTREMALNYCH WARTOŚCI NAPRĘŻEŃ NA OBWODZIE WYROBISKA O ELIPTYCZNYM PRZEKROJU POPRZECZNYM

Ze względu na wpływ pierwotnego stanu naprężenia na rozkład naprężeń wtórnych w sąsiedztwie wyrobiska, w obliczeniach uwzględniane będą trzy zasadnicze przypadki pierwotnego stanu naprężenia:

1) jednorodny (hydrostatyczny) stan naprężenia pierwotnego:

$$p_z = p_x = p_y \tag{1}$$

gdzie: p_z – pionowe naprężenie główne
p_x , p_y – poziome naprężenia główne

$$k = \frac{p_x}{p_z} = 1 \tag{1a}$$

gdzie: k – współczynnik parcia bocznego.

2) niejednorodny stan naprężenia pierwotnego:

$$p_z > p_x = p_y \tag{2}$$

$$k < 1 \tag{2a}$$

3) niejednorodny stan naprężenia pierwotnego:

$$p_z < p_x = p_y \tag{3}$$

$$k > 1 \tag{3a}$$

Niezależnie od kształtu przekroju poprzecznego wyrobiska na jego obwodzie powstaje koncentracja naprężeń wtórnych, jednak ich wartość jest już zależna od kształtu przekroju, a przy danym kształcie od ilorazu wymiarów jego przekroju poprzecznego.

Z uwagi na możliwość pełniejszego wykorzystania przestrzeni najodpowiedniejsze są wyrobiska w kształcie walca lub graniastosłupa (prostokątny przekrój poprzeczny). Na konturach prostokątnych przekrojów poprzecznych powstaje jednak duża koncentracja naprężeń wtórnych, która wymusza naturalne dążenie do zaokrąglenia prostokątnych naroży trwające do momentu, kiedy wartości naprężeń zrównają się z wytrzymałością masywu skalnego.

W porównaniu do wyrobisk o prostokątnym przekroju poprzecznym, mniejsza koncentracja naprężeń wtórnych powstaje na konturach wyrobisk o przekroju poprzecznym eliptycznym lub łukowym. Wykorzystując procedurę analityczną można ocenić wpływ wymiarów przekroju poprzecznego wyrobiska (komory) na koncentrację naprężeń wtórnych w charakterystycznych punktach na obwodzie przekroju wyrobiska.

Maksymalne wartości naprężeń w stropie i w spągu komory o przekroju poprzecznym eliptycznym wynoszą [1, 2, 3]:

$$\sigma_x = \sigma_{x\max} = p_x\left(1+2\frac{a}{b}\right) - p_z$$
$$\sigma_z = 0 \tag{4}$$

gdzie: σ_x – składowa pozioma wtórnego stanu naprężenia
p_x – składowa pozioma pierwotnego stanu naprężenia
a – pionowa oś elipsy
b – pozioma oś elipsy
p_z – składowa pionowa pierwotnego stanu naprężenia
σ_z – składowa pionowa wtórnego stanu naprężenia.

Maksymalne wartości naprężeń w ociosach komory o przekroju poprzecznym eliptycznym wynoszą [1, 2, 3]:

$$\sigma_x = 0$$
$$\sigma_z = \sigma_{z\max} = p_z\left(1+2\frac{b}{a}\right) - p_x \tag{5}$$

gdzie: objaśnienie oznaczeń jak we wzorze (4).

OCENA EKSTREMALNYCH NAPRĘŻEŃ NA OBWODZIE KOMORY O ELIPTYCZNYM PRZEKROJU POPRZECZNYM

Przeanalizowano wpływ ilorazu długości osi pionowej i osi poziomej elipsy oraz pierwotnego stanu naprężenia na wartość maksymalnego naprężenia w stropie komory o eliptycznym przekroju poprzecznym. Pierwotny stan naprężenia charakteryzowany jest za pomocą współczynnika parcia bocznego $k = p_x / p_y$. Rezultatem obliczeń według zależności (4), dla każdego zestawu danych wejściowych, są bezwymiarowe parametry $n_1 = \sigma_{x\max} / p_z$ i $n_2 = \sigma_{x\max} / p_x$. Dane wejściowe dla kolejnych wariantów obliczeń i otrzymane wyniki obliczeń parametrów n_1 i n_2 zebrano w tabeli 1 i 2.

Tabela 1. Wartości parametru $n_1 = \sigma_{x\,max} / p_z$ w stropie komory o eliptycznym przekroju poprzecznym dla różnych wartości współczynnika k i szerokości komory b (wysokość komory $a = 40$ m)

Table 1. Parameter values $n_1 = \sigma_{x\,max} / p_z$ in the roof of the chamber with elliptical cross-section for different values of the coefficient k and the width of the chamber b (chamber height $a = 40$ m)

$k = p_x / p_y$ \ $\frac{a}{b}$, b, m	$\frac{2}{20}$	$\frac{1{,}75}{22{,}86}$	$\frac{1{,}5}{26{,}67}$	$\frac{1{,}25}{32}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{0{,}75}{53{,}33}$	$\frac{0{,}5}{80}$
0,15	-0,25	-0,33	-0,4	-0,48	-0,55	-0,63	-0,7
0,2	0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6
0,25	0,25	0,13	0	-0,13	-0,25	-0,38	-0,5
0,4	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2
0,5	1,5	1,25	1	0,75	0,5	0,25	0
0,6	2	1,7	1,4	1,1	0,8	0,5	0,2
0,8	3	2,6	2,2	1,8	1,4	1	0,6
1	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
1,4	6	5,3	4,6	3,9	3,2	2,5	1,8
2	9	8	7	6	5	4	3

Tabela 2. Wartości parametru $n_2 = \sigma_{x\,max} / p_x$ w stropie komory o eliptycznym przekroju poprzecznym dla różnych wartości współczynnika k i szerokości komory b (wysokość komory $a = 40$ m)

Table 2. Parameter values $n_2 = \sigma_{x\,max} / p_x$ in the roof of the chamber with elliptical cross-section for different values of the coefficient k and the width of the chamber b (chamber height $a = 40$ m)

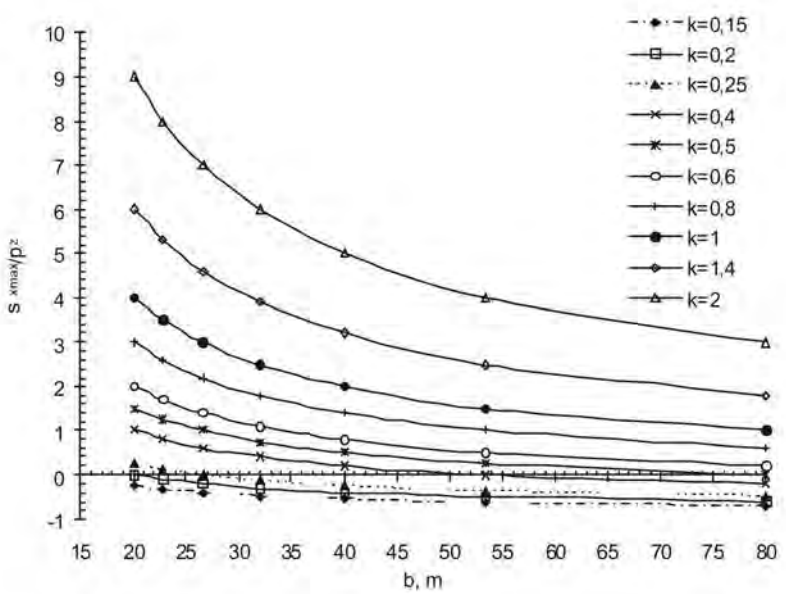
$k = p_x / p_y$ \ $\frac{a}{b}$, b, m	$\frac{2}{20}$	$\frac{1{,}75}{22{,}86}$	$\frac{1{,}5}{26{,}67}$	$\frac{1{,}25}{32}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{0{,}75}{53{,}33}$	$\frac{0{,}5}{80}$
0,15	-1,67	-2,17	-2,67	-3,17	-3,67	-4,17	-4,67
0,2	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3
0,25	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2
0,4	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5
0,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0
0,6	3,33	2,83	2,33	1,83	1,33	0,83	0,33
0,8	3,75	3,25	2,75	2,25	1,75	1,25	0,75
1	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
1,4	4,29	3,79	3,29	2,79	2,29	1,79	1,29
2	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5

Na podstawie wyników przeprowadzonych obliczeń można ocenić, kiedy w stropie komory powstaną niebezpieczne naprężenia rozciągające (wartości ze znakiem „-” w tabeli 1 i 2). Naprężenia rozciągające powstają, jeżeli wartości współczynnika parcia bocznego

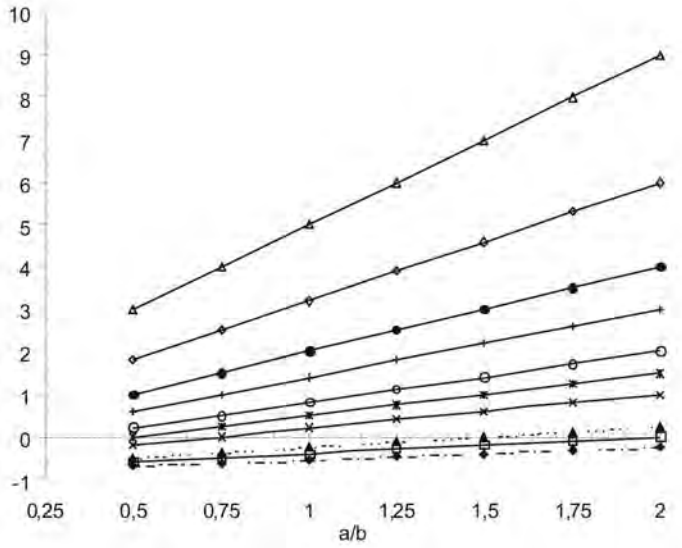
$k \leq 0{,}4$ i jednocześnie, jeżeli iloraz wysokości i szerokości komory przyjmuje określone wartości. Przykładowo, przyjmując wysokość komory (długość pionowej osi elipsy) 40 m i k = 0,4, naprężenia rozciągające powstaną, jeżeli szerokość komory (pozioma oś elipsy) będzie większa od 53,33 m (czyli dla wartości ilorazu a/b<0,75). Wartości naprężeń rozciągających w stropie komory wzrastają wraz ze zmniejszaniem się ilorazu składowej poziomej i składowej pionowej pierwotnego stanu naprężenia. Ilustrację graficzną zmiany wartości parametru $n_1 = \sigma_{x\,max} / p_z$ w zależności od wymiarów eliptycznego przekroju poprzecznego komory przedstawiają rysunki 1 i 2.

Na podstawie rys. 1 można stwierdzić, że dla wartości k > 0,5, a = 40 m i dla b < 80 m w stropie wyrobiska ma miejsce koncentracja naprężeń ściskających. Wartość tych naprężeń wzrasta wraz ze wzrostem wartości ilorazu składowej poziomej i składowej pionowej pierwotnego stanu naprężenia. Dla danej wartości współczynnika parcia bocznego i dla danej wysokości komory (długości pionowej osi elipsy) koncentracja naprężeń ściskających w stropie komory rośnie wraz ze zmniejszaniem się szerokości komory (długości poziomej osi elipsy).

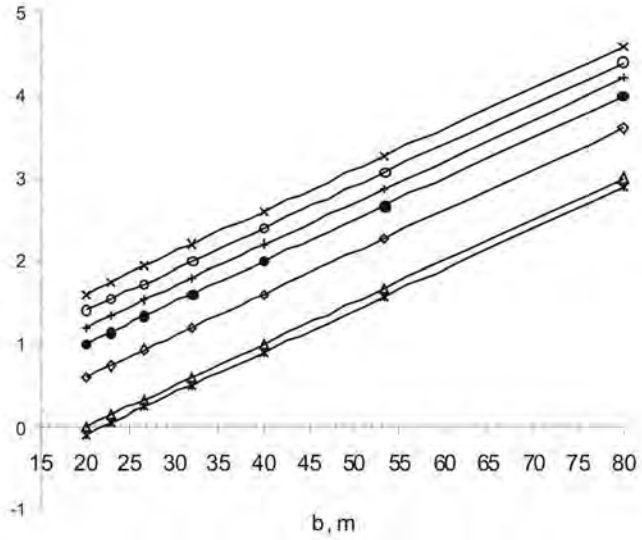
Analizując rys. 2 można stwierdzić, że naprężenia rozciągające powstaną, jeżeli $k \leq 0{,}2$ i iloraz $a/b < 2$. Dla wartości $k > 0{,}2$ powstanie naprężeń rozciągających jest uzależnione od stosunku a/b. Przykładowo, dla k = 0,5 naprężenia rozciągające w stropie komory powstają przy stosunku $a/b < 0{,}5$. Dla $k > 0{,}5$ i dla stosunku a/b z zakresie od 0,5 do 2 w stropie komory powstaje koncentracja naprężeń ściskających.



Rys. 1. Wartości ilorazu $\sigma_{x\,max} / p_z$ w stropie komory o przekroju poprzecznym eliptycznym w zależności od długości poziomej osi elipsy b (długość osi pionowej a = 40 m)
Fig. 1. Values of the quotient $\sigma_{x\,max} / p_z$ in the roof of chamber with elliptical cross-section, depending on the length of the horizontal axis of the ellipse b (the length of the vertical axis a = 40 m)



Rys. 2. Wartości ilorazu $\sigma_{x\,max} / p_z$ w stropie komory o przekroju poprzecznym eliptycznym w zależności od stosunku długości osi pionowej i osi poziomej elipsy (a/b)
Fig. 2. Values of the quotient $\sigma_{x\,max} / p_z$ in the roof of chamber with elliptical cross-section, depending on the relative length of the vertical axis and horizontal axis of an ellipse (a/b)



Rys. 3. Wartości ilorazu $\sigma_{z\,max} / p_z$ w ociosie komory o przekroju poprzecznym eliptycznym w zależności od długości poziomej osi elipsy b (długość osi pionowej a = 40 m)
Fig. 3. Values of the quotient $\sigma_{x\,max} / p_z$ in sidewall of chamber with elliptical cross-section depending on the length of the horizontal axis of the ellipse b (the length of the vertical axis a = 40 m)

Na rysunku 3 zobrazowano zmianę koncentracji naprężeń na ociosie komory o eliptycznym przekroju poprzecznym w zależności od rozpiętości komory b (długości osi poziomej elipsy) przy założeniu długości osi pionowej elipsy a =40 m.

Z analizy rysunku 3 wynika, że dla wartości $k \leq 2$ i dla eliptycznego kształtu przekroju poprzecznego komory o wymiarach a = 40 m, b z zakresu od 20 m do 80 m, w ociosie komory koncentrują się wtórne naprężenia ściskające. Wartość tych naprężeń wzrasta ze zmniejszaniem się wartości współczynnika parcia bocznego k. Przy tej samej wartości współczynnika k, koncentracja naprężeń ściskających w ociosie zwiększa się wraz ze wzrostem rozpiętości komory przy stałej wartości jej wysokości. Na podstawie rys. 3 można stwierdzić, że dla $k > 2$ w analizowanym zakresie rozpiętości komory mogą powstać niebezpieczne naprężenia rozciągające – dla b mniejszego od ok. 22 m i dla a = 40 m.

Zaprezentowana metoda oceny koncentracji naprężeń wtórnych na obwodzie komory o eliptycznym kształcie przekroju poprzecznego może znaleźć zastosowanie do ustalenia takiego zaokrąglenia w stropie i w spągu, np. komory walcowej, które wykluczy powstanie niekorzystnej koncentracji naprężeń.

UWAGI KOŃCOWE

Wykonane obliczenia ekstremalnych naprężeń wtórnych na obwodzie wyrobiska podziemnego pozwalają ocenić, czy naprężenia te będą przyczyną utraty stateczności wyrobiska. Zagadnienie to jest istotne w przypadku rozważania wtórnego wykorzystania wyrobiska do składowania odpadów.

Dla jednorodnego stanu naprężenia pierwotnego i dla eliptycznego przekroju poprzecznego komory o wymiarach: pionowa oś elipsy wynosi 40 m, pozioma oś elipsy o dowolnej długości (w obliczeniach przyjmowano wartości z przedziału od 20 m do 80 m), ekstremalne naprężenia w stropie, w spągu i w ociosach wyrobiska są naprężeniami ściskającymi. Zauważyć można ponadto, że dla rozpiętości komory $b > 80$ m, parametr $n_1 = \sigma_{x\,max} / p_z$ przyjmuje w stropie komory wartości poniżej jedności.

Przy niejednorodnym stanie naprężenia pierwotnego charakteryzowanym przez współczynnik parcia bocznego k, wyrażający iloraz składowej poziomej naprężenia pierwotnego i składowej pionowej naprężenia pierwotnego, o wartości $k < 1$, w stropie i w spągu komory mogą powstać naprężenia rozciągające, a jest to uzależnione od wymiarów przekroju poprzecznego komory. Dla $k > 0{,}5$ i dla wszystkich rozpiętości komory poniżej 80 m, maksymalne naprężenia w stropie są ściskające. W ociosach komory przy $k < 1$ i dla każdej rozpiętości komory ma miejsce koncentracja naprężeń ściskających.

Przy niejednorodnym stanie naprężenia pierwotnego charakteryzowanym przez współczynnik parcia bocznego $k > 1$, w stropie i w spągu komory ekstremalne naprężenia mają charakter ściskający dla każdej rozpiętości komory. Wartości tych naprężeń rosną ze wzrostem wartości współczynnika k. Parametr $n_1 = \sigma_{x\,max} / p_z$ przyjmuje wartości powyżej jedności. W ociosach komory przy $k > 1$ i $k \leq 2$, ekstremalne naprężenia są również ściskające dla każdej rozpiętości komory. Przy $k > 2$ w ociosach komory mogą pojawić się niepożądane, zagrażające stateczności wyrobiska, naprężenia rozciągające.

Rezultaty przeprowadzonych obliczeń są przydatne do formułowania założeń do dokładniejszych badań modelowych w celu określenia wpływu wtórnego stanu naprężenia na wytężenie masywu skalnego w sąsiedztwie wyrobiska i formułowania wytycznych w zakresie parametrów geometrycznych projektowanych komór.

PIŚMIENNICTWO

1. Durove J., Maras M., Vavrek P., Danko J. Parametryczna ocena stateczności komór ługowniczych. Przegląd Górniczy, nr 1, 2001: 26–28.
2. Kłeczek Z.: Geomechanika górnicza. Wyd. AGH w Krakowie, Kraków 1985.
3. Marczak H. Analiza wpływu pierwotnego stanu naprężenia na obciążenie obudowy wyrobiska korytarzowego. Przegląd Górniczy, nr 6, 2006: 37–43.
4. Nielubowicz B. Ogólne problemy składowania odpadów promieniotwórczych. Górnictwo, rok 6, z.1, 1982: 63–78.

SELECTED ASPECTS OF RESEARCH THE USE OF UNDERGROUND MINING WORKINGS FOR WASTE STORAGE

Summary

Construction of landfills in geological formations beneath the earth is a multi-stage and difficult task, especially for the storage of hazardous wastes. Specific steps include the initial selection of the landfill location, conducting field research and laboratory studies, design work and construction and operation of the landfill. It is estimated that in order to underground storage waste can also be used mining excavations, including chambers after leaching in rock salt deposits. Reuse of chambers poses to designers task: to design the mining excavations so that the distribution of stresses and temperatures in the rock mass remained at an acceptable level. The paper examines the impact of cross-sectional dimensions of the elliptical the excavation on the stress concentration in the rock massif surrounding the excavation. The calculations allow to determine conditions for the formation of secondary stresses, which are detrimental to the stability of the chamber.

Keywords: underground waste storage, original state of stress, secondary state of stress, elliptical cross-section of the excavation, mining excavations.

Anna Walczyna*, Izabela Łucjan**

POSTĘP TECHNICZNY A HUMANIZACJA PRACY

Streszczenie. Postęp techniczny sprawił, że praca stała się lżejsza, wykonywana jest szybciej, poprawił się poziom bezpieczeństwa i stan zdrowia pracowników. Z drugiej strony kurczy się rynek pracy (bezrobocie), rośnie monotonia pracy, słabną więzi społeczne. Przeciwdziałać tym zjawiskom ma humanizacja pracy. Jej metody to m.in.: rotacja, rozszerzanie i wzbogacanie pracy, metoda zadań dodatkowych, metoda grup autonomicznych oraz model Lothara Schneidera wahadłowego czterodniowego tygodnia pracy będący propozycją ograniczania bezrobocia poprzez dzielenie się pracą.

Słowa kluczowe: postęp techniczny, humanizacja pracy, wartość pracy, jakość życia.

WSTĘP

Od najdawniejszych czasów człowiek czyni sobie ziemię poddaną. Podejmując różnorodne działania stara się, aby jego życie stawało się łatwiejszym, znośniejszym, lepszym. W języku dzisiejszej psychologii można stwierdzić, że wszystkie te działania miały na celu poprawę szeroko rozumianej jakości życia. To antropocentryczne ukierunkowanie działań, jako wartość sama w sobie, wprost zostało wyrażone w okresie renesansu. Humanizm jako prąd umysłowy i kulturowy stawiał właśnie człowieka w centrum wszelkich działań. Jak wskazuje Encyklopedia Powszechna PWN, cechą humanizmu jest wierność człowiekowi jako osobie [12, s.817]. To prowadzi do postulatu humanizacji, czyli nadawania znaczenia sprawom ludzkim, we wszelkich obszarach życia człowieka, w tym pracy. Analizując przemiany w świecie pracy należy się odnieść przede wszystkim do tych spowodowanych postępem technicznym. Niewątpliwie przyczynił się on do zwiększenia wydajności pracy, poprawy warunków jej wykonywania jednak, jak się wydaje, pociągnął za sobą także nowe zagrożenia dla człowieka pracującego. Dlatego też celem niniejszego artykułu jest krytyczna analiza wpływu postępu techniki na pracę w kontekście jej humanizacji.

PRACA I JEJ CEL

Praca jest różnie definiowana. Na potrzeby niniejszej analizy przydatne wydają się definicje tworzone na gruncie filozofii oraz nauk społecznych. W ujęciu prakseologicznym do działań o charakterze pracy popycha człowieka jakaś niezaspokojona a istotna potrzeba.

* Katedra Ergonomii, Wydział Zarządzania, Politechnika Lubelska, a.walczyna@pollub.pl
** Zakład Socjologii Gospodarki i Organizacji, Instytut Socjologii UMCS, izabela.lucjan@umcs.lublin.pl

Praca służy więc zaspokojeniu ważnych potrzeb człowieka. Socjologowie i psychologowie dodatkowo podkreślają, że czynności te mają charakter celowy, użyteczny ze społecznego punktu widzenia, a także lokują człowieka – pracownika w strukturze społecznej [6, s 9-10; 5, s. 15]. Przyjmując antropocentryczny punkt widzenia niniejszych rozważań należy pokreślić, iż praca służy zaspokojeniu ważnych potrzeb człowieka, w tym potrzeb społecznych.

Właściwą rolę człowieka w procesie pracy dobrze oddaje łacińskie określenie *homo creatus* – człowiek twórca. Dążąc do zaspokojenia potrzeb człowiek tworzy to wszystko, co określane jest mianem kultury materialnej (przedmioty materialne, narzędzia, dzieła sztuki) a także duchowej (wiedza, wierzenia, moralność itd.). Pracując pośrednio więc człowiek udoskonala samego siebie [3, s.214 za: 2, s. 64].

Pojawianie się kolejnych wytworów kultury, gromadzenie wiedzy i związany z tym postęp naukowo-techniczny sprawiły, że poprzez wieki praca ulegała licznym przemianom, zmieniło się także jej postrzeganie oraz świadomość samych pracowników. Śledząc te przemiany można stwierdzić, że poprzez pracę człowiek zaspokaja lub potencjalnie może zaspokajać coraz wyższe szczeble w hierarchii potrzeb Maslowa [5, s. 15]. Dzięki temu praca staje się jedną z ważniejszych wartości w jego życiu.

Antropocentryczne spojrzenie na pracę szczególnie widoczne jest w filozofii chrześcijańskiej i katolickiej nauce społecznej. W tym kontekście często przywoływany jest dorobek Karola Wojtyły i jego późniejsze nauczanie jako papieża Jana Pawła II, który pracy ludzkiej poświęcił jedną ze swych encyklik - *Laborem exercens*. Ukazuje on pracę jako wartość wielowymiarową: społeczną (jej wytwory służą nie tylko pracownikowi ale i innym członkom społeczeństwa, różnorakich wspólnot), moralną (poprzez pracę człowiek wypełnia swoje obowiązki względem siebie i społeczności, w której żyje), kulturową (w jej wyniku tworzona jest kultura – zarówno ta o charakterze narodowym jak i ogólnoludzkim), religijną (jest realizacją biblijnego nakazu czynienia sobie ziemi poddanej, co wskazuje na pewną niedokończoność stwórczego aktu Boga), gospodarczą (dzięki niej zaspokajane są potrzeby człowieka, tworzony dobrobyt zarówno samego pracownika jak i szerszych społeczności) [2, s. 65-67]. Jednakże nim „*... człowiek zacznie zaspokajać materialne i duchowe potrzeby swoje i bliźnich dzięki swej pracy, potrzebuje jej jako środka swej samorealizacji. Nie znaczy to, że praca nie przedstawia wartości ekonomicznej, ale jest to zagadnienie wtórne, podporządkowane owemu podstawowemu imperatywowi pracy, któremu także sam jej system oraz organizacja powinny być podporządkowane. Na tym polega ów (...) priorytet pracy w stosunku do imperatywów technicznych, organizacyjnych i ekonomicznych. Stanowi to podstawę powszechnego prawa do pracy ...”* [8, s. 421-422] Tak więc zasadniczym celem pracy jest rozwój osobowości człowieka, rozwój człowieka jako człowieka.

Z takim ujęciem pracy dobrze koresponduje pojęcie kontraktu psychologicznego, który oznacza „*... niepisany zbiór oczekiwań działający cały czas pomiędzy każdym członkiem organizacji a różnymi kierownikami i innymi osobami w tej organizacji*”[za: 9, s. 10] Kontrakt ten dotyczy głównie aspektów niematerialnych, psychologicznych (spraw związanych z duchem). Zdaniem niektórych autorów ma on nawet nie tyle nawet charakter oczekiwań co wręcz wzajemnych zobowiązań [9, s. 11]. Jest to wyraźną przesłanką a wręcz zobowiązaniem do podejmowania działań humanizujących pracę, do troski o zachowanie jej ludzkiego wymiaru.

POSTĘP TECHNICZNY - BLASKI I CIENIE

Postęp to słowo o zdecydowanie pozytywnych konotacjach. Bez trudu można wskazać jego zalety. Łatwiej się przemieszamy, komunikujemy itd. Czy jednak rzeczywiście postępowi naukowo-technicznemu towarzyszą same zalety?

Postęp techniczny odnosi się do różnych dziedzin nauki, w tym m.in. nauk technicznych a także z zakresu zarządzania. Ich osiągnięcia przekładają się na to, co określane jest mianem techniki, czyli „środki materialne i składające się na wiedzę techniczną reguły posługiwania się tymi środkami oraz ich projekty stosowane do zdobywania, przekształcania i wykorzystywania dóbr materialnych;..." [12, s. 333]. Gromadzenie wiedzy z zakresu zarządzania przyczyniło się m.in. do postępu w zakresie organizacji pracy, wprowadzenia wielu innowacji w tym obszarze. Wszystko to sprawia, że niewątpliwie żyje nam się lżej niż przed 100 laty. Ponieważ jednak każdy medal ma dwie strony, warto dokonać krytycznego oglądu postępu technicznego, jego blasków i cieni, czyli swoistej analizy SWOT.

Analizując wpływ postępu technicznego na pracę produkcyjną zauważyć można, że zmienia się przede wszystkim jej struktura. Kierunek ewolucji przebiega od pracy ręcznej (ta nigdy do końca nie zostanie wyeliminowana, ale jej udział się zmniejsza) do pracy w coraz większym stopniu zautomatyzowanej, więcej prac ma także charakter aparaturowy lub agregatowy[5, s. 19]. Niewątpliwym plusem omawianego zjawiska jest przede wszystkim to, że w sensie fizycznym praca staje się po prostu lżejsza. Zmechanizowanie i zautomatyzowanie wielu prac prowadzi także do wzrostu wydajności. Oznacza to wydłużenie czasu wolnego, co stwarza pracownikowi dodatkowe możliwości korzystania z owoców pracy, sprzyja rozwojowi, wypoczynkowi, obcowaniu z rodziną i bliskimi. To zaś, sprzyja kreowaniu nowych miejsc pracy w sektorze usług. Z drugiej jednak strony owo zwiększenie wydajności powoduje kurczenie rynku pracy i wzrost bezrobocia. Brak pracy zaś, definitywnie uniemożliwia rozwój poprzez i w pracy.

Praca ma, a przynajmniej powinna mieć, charakter rozwojowy. Poprzez jej wykonywanie pracownik powinien niejako aktualizować samego siebie, rozwijać swój potencjał. Oznacza to możliwość wykorzystywania w niej swojego potencjału, kompetencji, rozwoju swojej osobowości. Niewątpliwie taką możliwość mają osoby wykonujące dwa rodzaje prac: samodzielną w ramach przyjętego zadania oraz twórczą. W przypadku pierwszej pracownik ma określone zadania do wykonania, ale jednocześnie pozostawiona jest mu duża doza samodzielności co do sposobu ich wykonania (nauczyciel, inżynier, lekarz). W pracy twórczej zaś, pracownik sam stawia sobie zadania, on także decyduje o metodach jej wykonania (artysta, naukowiec). W mniejszym stopniu dotyczy to pracy szablonowej według wskazówek - zadania i metody są wprawdzie różnorodne, ale możliwość wykonania zadania ograniczona przez z góry określone instrukcje, schematy itp., (np. praca księgowego). Jednakże w przemyśle, głównie na stanowiskach robotniczych wydaje się dominować praca o charakterze automatycznym oraz nawykowa (półautomatyczna), gdzie zadania i metody są ciągle takie same, przy relatywnie niewielkiej różnorodności w rytmie pracy [5, s. 19-20]. W tym wypadku poza czynnikami *stricte* technicznymi wpływ miały także innowacje o charakterze organizacyjnym, za jaką można uznać wynalezienie taśmy produkcyjnej. Co więcej, rośnie liczba prac o charakterze operatorskim. Powoduje to co

prawda mniejsze zmęczenie fizyczne pracownika, ale niesie większe obciążenie natury psychicznej spowodowane monotonią. *„W wyniku pracy monotonnej następuje zmęczenie, określane jako czasowe osłabienie sprawności psychicznej lub/i fizycznej. Zmęczenie wyraża się obniżeniem czujności i zdolności dostosowywania się do zmieniających się warunków pracy, zmniejszeniem sprawności oraz wydajności pracy, a także zwiększeniem liczby popełnianych błędów. Wyrazem zmęczenia jest również narastanie dysproporcji między wysiłkiem włożonym w pracę a jej wynikiem oraz mniejsza satysfakcja z pracy. Ze względu na zmniejszenie czujności i wzrost liczby popełnianych błędów, monotonia, mimo iż jest zaliczana do czynników uciążliwych (powodujących negatywne, ale przemijające skutki), może zagrażać również bezpieczeństwu pracy."* [7, s. 13-14] Dodatkowo wskazuje się, że wraz z postępem cywilizacyjnym w niektórych przypadkach pogorszyły się warunki pracy, człowiek zaczął pracować w bardziej szkodliwym środowisku pracy. Z drugiej strony, dzięki postępowi techniki wzrosło bezpieczeństwo pracy. Jest to możliwe dzięki stosowaniu coraz lepszych zabezpieczeń przy projektowaniu maszyn i urządzeń, różnego rodzaju czujników, ograniczników itp.

Dzięki postępowi technicznemu gospodarka, a w związku z tym i praca uległy globalizacji. Od części, szczególnie wysoko wykwalifikowanej kadry pracowniczej, wymaga to odbywania często nawet dość odległych podróży. Szybka zmiana stref czasowych również jest źródłem stresu i prowadzi do wystąpienia „*jet-pilot syndrom*". Jego objawami są m.in. bezsenność, senność w ciągu dnia, wzmożona pobudliwość nerwowa, różnego rodzaju zaburzenia przewodu pokarmowego i problemy z koncentracją [15, s.294].

Pracę zrewolucjonizował także postęp, jaki dokonał się w obszarze technik teleinformatycznych i komunikacyjnych. Z jednej strony można powiedzieć, że porozumiewanie stało się i szybkie i tanie. Informacje w krótkim czasie mogą zostać przekazane na znaczne odległości. Doprowadziło to m.in. do powstania nowej formy pracy, jaką jest telepraca. Praca jest w tym wypadku wykonywana poza siedzibą firmy, a jej wyniki przekazywane do pracodawcy za pomocą technologii informatycznych. W literaturze wskazuje się na rozliczne zalety tej formy pracy, jak choćby elastyczność czasu pracy pozwalająca na harmonijne godzenie obowiązków zawodowych z rodzinnymi, pracownik nie traci czasu na dojazdy do pracy, może pozyskiwać pracę praktycznie na terenie całego kraju, przeprowadzka nie powoduje konieczności zmiany pracy. Z drugiej jednak strony podnoszone są jej wady, wśród których wymienić można tendencję do wydłużania czasu pracy (jest on zazwyczaj dłuższy niż w sytuacji, gdy praca wykonywana jest w siedzibie przedsiębiorstwa), pracownik nie nawiązuje więzi z innymi współpracownikami, często pracuje w izolacji i samotności, zazwyczaj ma mniejsze możliwości awansu, pojawia się także problem z oddzieleniem życia zawodowego od rodzinnego [5, s. 23].

W kontekście postępu w obszarze technik informatycznych, multimedialnych i telekomunikacyjnych, powszechności Internetu jako narzędzia komunikacji podnoszona jest jeszcze inna kwestia, a mianowicie fakt, iż paradoksalnie prowadzą one do zaniku więzi międzyludzkich. *„...komputery w dużym stopniu substytuują bezpośrednie kontakty, np.: wykorzystuje się je do przesyłania informacji (...), szkolenia pracowników, przeprowadzania konferencji. Taki system może wywołać poczucie, że pracownik jest pozostawiony sam sobie, że jest wyizolowany z grupy społecznej*." [16, s. 74-75]

Dotychczasowe rozważania w znacznym stopniu koncentrowały się na pracy produkcyjnej, pracy robotników. Jakościowo różni się ona od pracy kierowniczej, w której zdecydowanie nie można mówić o rutynie czy zautomatyzowaniu. Wręcz przeciwnie, stwarza ona możliwość rozwoju, osiągnięcia wysokiego poziomu satysfakcji. Konieczna jest w niej kreatywność, elastyczność, tolerancja niepewności, niejednoznaczność sytuacji podczas podejmowania decyzji, konkurencja i „wyścig szczurów". Technika niewątpliwie przychodzi w sukurs dzisiejszym menedżerom, a zagrożenia związane z tego typu pracą z postępu naukowo-technicznego wynikają pośrednio. W tym wypadku są to głównie zagrożenia związane ze stresem i wypaleniem zawodowym. Ta kategoria pracowników nie będzie jednak szczegółowo omawiana pod kątem zagrożeń związanych z postępem naukowo-technicznym. Należy jednak podkreślić, że to na niej właśnie spoczywa główny ciężar związany z humanizacją pracy. Podobnie można zdefiniować rolę samych twórców techniki, wynalazców. Dla nich ich dzieła są powodem do dumy, źródłem satysfakcji z wykonywania takiej właśnie pracy. Ich rolą powinno być także wskazywanie pozytywnych walorów techniki, która ma rolę służebną wobec człowieka, ma ułatwiać mu życie, a nie służyć jedynie bezrefleksyjnemu konsumpcjonizmowi, być używaną w sposób niedbały, bezmyślny czy wręcz zły [1, s. 39].

Podsumowując dotychczasowe rozważania na temat postępu naukowo-technicznego można wymienić następujące jego plusy: praca stała się lżejsza, wykonywana jest szybciej, jako nowa kategoria pojawia się czas wolny, pojawiają się nowe zawody, poprawia się stan bezpieczeństwa i zdrowia pracowników (także dzięki ogromnemu postępowi w medycynie). Wszystko to sprawia, że można mówić o poprawie jakości życia w pracy, a poprzez to jakości życia w ogóle. Wśród negatywów związanych z postępem naukowo-technicznym wymienić można monotonię będącą skutkiem zautomatyzowania wielu prac, nowe zagrożenia związane z pracą w warunkach szkodliwych, wzrost liczby chorób cywilizacyjnych i zawodowych, kurczenie się rynku pracy co sprawia, że olbrzymia liczba ludzi zdolnych i gotowych do jej podjęcia nie może realizować swojego podstawowego prawa – prawa do pracy, rozwijać się poprzez pracę i funkcjonować jako pełnoprawni członkowie społeczeństwa.

KIERUNKI I METODY HUMANIZACJI PRACY

Działania humanizujące ludzkie życie można podejmować w skali mikro i makro. W tym kontekście L. Jabłonowska mówi o „dużej" i „małej" humanizacji. Ta pierwsza winna być, zdaniem autorki, prowadzona przez państwo i gwarantować poszanowanie pracy jako szczególnie cennej wartości społecznej oraz koncentrować się na poprawie technicznych, społecznych, materialnych i środowiskowych warunków pracy [4, s. 59]. Można powiedzieć, że chodzi tu o kreowanie specyficznego klimatu, który ma sprzyjać i wręcz zachęcać mniejsze podmioty do stawiania człowieka i jego dobra w centrum pracy (praca dla człowieka a nie człowiek dla pracy). Jednym z ważniejszych instrumentów, które posiada w tym zakresie państwo jest tworzone prawo. Inny to kształcenie, w którym nie może zabraknąć treści humanistycznych. Dotyczy to każdego etapu kształcenia i każdego jego rodzaju, gdyż jedni są inżynierami, inni spawaczami, sekretarkami, nauczycielami, ale każdy jest przede wszystkim człowiekiem i żyje w różnego rodzaju społecznościach ludzkich.

„Mała" humanizacja odnosi się do działań w skali mikro – w konkretnej organizacji, na konkretnym stanowisku pracy. Tu głównymi jej kreatorami są menedżerowie, przedsiębiorcy podejmujący działania mające na celu zmniejszanie bądź likwidację uciążliwości pracy, wdrażający programy rozwojowe dla pracowników, wykorzystujący potencjał drzemiący w pracownikach, umożliwiający im rozwój i satysfakcję z pracy [4, s. 60-61].

Można więc stwierdzić, że wymienione podmioty są niejako powołane do tego, aby czynić życie bardziej ludzkim, umożliwiać człowiekowi rozwój. Nie można jednak zapomnieć o, poprzez analogię, „mini" humanizacji, czyli obszarze osobistej odpowiedzialności każdego człowieka za jego człowieczeństwo. Najlepiej chyba postulat ten został wyrażony na gruncie katolickiej nauki społecznej, gdzie stwierdza się, że człowieczeństwo jest nam nie tylko dane ale i zadane. Słusznie zatem, za T. Tomaszewskim, wskazuje Z. Ratajczak, iż jakość życia człowieka jest wypadkową jakości świata w którym żyje oraz jakości jego samego [13, s. 159].

Zdaniem niektórych autorów mówiąc o humanizacji pracy należy wyróżnić jej aspekt techniczny (eliminacja pracy ciężkiej i uciążliwej, poprawa komfortu i bezpieczeństwa pracy a także wzbogacanie jej treści i wprowadzanie nowych, przyjaznych człowiekowi, form organizacji pracy) i społeczny (głównie wzrost partycypacji pracowniczej a także zaspokajanie innych potrzeb pracowniczych – np. społecznych czy kulturalnych) [11, s. 16-17]. Rozróżnienie to jest o tyle cenne, że wskazuje na wieloaspektowy charakter humanizacji pracy a także na różne obszary jej dehumanizacji. Warto także podkreślić, że dążąc do podniesienia jakości życia w pracy, do jej humanizacji nigdy nie można tracić z pola widzenia konkretnego człowieka, który wchodzi do organizacji ze swoimi potrzebami, celami, wartościami, ale także ograniczeniami.

Jednym z czynników mogących humanizować środowisko pracy jest język. Za jego pomocą wyrażamy nasze ustosunkowanie do świata i innych ludzi. Jest więc on odzwierciedleniem naszej świadomości. Tak więc mówiąc o pracownikach jedni posługują się określeniem kapitał ludzki, inni zaś mówią o potencjale ludzkim/społecznym. Pierwsze wskazuje na rzeczowe traktowanie człowieka. Kapitał ten można *„...przedmiotowo pomnażać, dowolnie wymieniać, czerpać z różnych miejsc, w różnym czasie (...) człowiek jest traktowany (...) jako predykator wzrostu gospodarczego i uzyskiwania korzyści przez inwestowanie w niego, w tym nakłady na rozwój. W strategiach korporacyjnych celem nie jest człowiek, lecz zyski przez niego wytwarzane i konsumowane ..."* [4, s. 59-60]. Zupełnie inny wydźwięk ma, niezbyt jeszcze powszechnie stosowane, określenie potencjał ludzki/społeczny jednoznacznie wskazujące na możliwości, zdolności drzemiące w człowieku [10, s. 613].

W aspekcie *stricte* technicznym należy wskazać na ergonomię, jako tę dyscyplinę, która jest niejako powołana do troski o ludzki wymiar pracy. Inżynierowie projektujący nowe, coraz bardziej złożone narzędzia muszą brać pod uwagę możliwości obsługującego je człowieka. Celem tej troski jest zapobieżenie ewentualnym wypadkom ale także chorobom zawodowym (np. spowodowanym długotrwałą wymuszoną pozycją ciała w czasie pracy) [14, s. 16].

Szukając możliwości humanizacji pracy należy wskazać na nowe formy organizacji pracy mające na celu ograniczanie zjawisk dehumanizacyjnych będących skutkiem ubocznym postępu naukowo-technicznego. Służyć temu może zmiana struktury pracy poprzez rozszerzenie pola działania pracownika w wymiarze poziomym (możliwość pracy we wszystkich etapach procesu produkcji lub przynajmniej ich znajomość) i pionowym (możliwość udziału w podejmowaniu decyzji i kontroli procesu produkcyjnego) [2, s. 69]. Praktycznymi tech-

nikami organizacji pracy wychodzącymi naprzeciw temu postulatowi są: rotacja pracy (*job rotation*), rozszerzanie pracy (*job enlargement*), wzbogacanie pracy (*job enrichment*) [2, s. 69; 11, s. 128-136] a także metoda zadań dodatkowych (*secondary task*) i metoda grup autonomicznych (*autonomous work group)* [11, s. 136-147].

Rotacja pracy polega na systematycznej zmianie czynności wykonywanych przez pracownika. Rozszerzanie pracy polega na scaleniu kilku czynności i powierzeniu ich jednemu pracownikowi, który dodatkowo posiada pewną swobodę w zakresie rytmu pracy. Rozwinięcie tej metody o udział także w procesach decyzyjnych i kontrolnych prowadzi do kolejnej techniki humanizacyjnej – wzbogacania pracy. Metoda ta jest jednak trudna do samodzielnego stosowania i najczęściej jest wprowadzana łącznie z metodą grup autonomicznych. Z kolei metoda zadań dodatkowych polega na przydzieleniu pracownikowi do wykonania obok zadania podstawowego także dodatkowego. W przypadku tak zadania podstawowego jaki dodatkowego ich przydzielenie łączy się zarówno z odpowiedzialnością jak i określeniem ram czasowych wykonania. Jak wskazują autorzy przy odpowiednim zastosowaniu, metoda skutecznie przeciwdziała unifikacji i depersonalizacji pracy sprzyja zaś jej indywidualizacji. Natomiast metoda grup autonomicznych oznacza tworzenie grup pracowniczych mających na celu wykonywanie pewnej liczby zadań, tworzących określoną całość w procesie pracy. Oznacza to także przejęcie przez grupę części zadań uprzednio sprawowanych z jednej strony przez kierownictwo z drugiej zaś służby pomocnicze [11, s. 136-141].

Ciekawą koncepcją, będącą odpowiedzią na kurczenie się rynku pracy i związane z tym bezrobocie jest model ruchomego czterodniowego tygodnia pracy L. Schneidera. Pracownicy pracują 9 godzin przez 4 dni w tygodniu. W przypadku pracy zmianowej, nocna trwa jedynie 6 godzin, co przy większym ryzyku popełnienia błędu w godzinach nocnych, wychodzi naprzeciw również postulatowi troski o bezpieczeństwo pracowników. Dniem organizującym tydzień jest niedziela jako czas wolny od pracy. Oznacza to, że praca może się składać z jednego 4dniowego bloku lub dwóch dwudniowych. Oprócz, wynikającego ze skrócenia czasu pracy, podzielenia się pracą z innymi dodatkowymi walorami tej koncepcji jest większa możliwość planowania czasu wolnego – zarówno na odpoczynek jak załatwianie np. spraw urzędowych, bardziej harmonijnego łączenia pracy zawodowej z życiem rodzinnym. Autor tej koncepcji wskazuje także na inne zalety takiego rozwiązania jak chociażby skrócenie czasu dojazdu do pracy, zmniejszenie emisji spalin itp. [2, s. 72-73].

Wskazane powyżej propozycje na pewno nie wyczerpują arsenału działań humanizujących warunki pracy. Kluczem jest umiejętność dostrzeżenia zagrożeń i twórczego podejścia do ich eliminacji. Jak słusznie bowiem zauważa Z. Ratajczak o roli współczesnych psychologów pracy twórczym ludziom należy twórczo doradzać, w nietypowych sytuacjach stosować innowacyjne sposoby interwencji, a rutyniarzom otwierać oczy .... [13, s. 16]

PODSUMOWANIE

Praca towarzyszy ludziom od zawsze i poprzez ulegała licznym przemianom. Ich przyczyną był i jest postęp nauki i techniki. W ostatnim stuleciu przybrał on szczególnie szybki charakter. Dzięki postępowi zmniejszyła się uciążliwość pracy, wzrosło bezpieczeństwo

i wydajność, pokonane zostały liczne bariery komunikacyjne. Mimo to nadal słyszy się iż jakaś praca jest nieludzka, niegodna człowieka, że nastąpiła jej dehumanizacja. I mimo, iż dzisiaj te stwierdzenia zapewne oznaczają coś jakościowo odmiennego niż przed kilkoma wiekami nie można ich ignorować. Brak pracy, zanik więzi społecznych, monotonia to niektóre tylko ze współczesnych zagrożeń w świecie pracy. Stoją one w sprzeczności z podstawowym celem pracy, jakim jest rozwój człowieka – pracownika. Stąd postulat humanizacji pracy rozumianej jako prymat człowieka nad narzędziami i innymi elementami procesu produkcji [2, s. 68] jest wciąż aktualny. Dokonuje się on w znacznej mierze także dzięki osiągnięciom ludzi nauki i techniki oraz przedsiębiorców i menedżerów. Dzieje się tak zawsze wtedy, gdy na etapie projektowania pracy, zarówno w aspekcie technicznym jak i organizacyjnym w centrum uwagi stoi człowiek i jego dobro.

BIBLIOGRAFIA

1. Baraniak B.: Humanizacyjno – cywilizacyjny wymiar techniki opisany współczesnymi kwalifikacjami i kompetencjami. W: Humanistyczne aspekty techniki. Praca zbiorowa pod red. A. Jakubiaka. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
2. Fel S.: Humanizacja pracy w perspektywie katolickiej nauki społecznej. Humanizacja pracy, nr 6 (252) 2009.
3. Gałkowski J.W.: Ziemski los człowieka. Jana Pawła myśl o pracy. Wyd. KUL, Lublin 2002.
4. Jabłonowska L.: Rozwój kompetencji komunikacyjnych jako przejaw humanizacji pracy. W: Humanistyczne aspekty techniki. Praca zbiorowa pod red. A. Jakubiaka. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
5. Jachnis A.: Psychologia organizacji. Kluczowe zagadnienia. Difin, Warszawa 2008.
6. Januszek H., Sikora J.: Socjologia pracy. Wydanie trzecie rozszerzone, Wyd. Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 2000.
7. Karska M.: Monotonia jako czynnik obciążenia podczas pracy – ocena ryzyka zawodowego. Bezpieczeństwo pracy. Nauka i praktyka, nr 3 (380) 2003.
8. Majka J.: Katolicka nauka społeczna. ODiSS, Warszawa 1988.
9. Makin P., Cooper C., Cox Ch.: Organizacje a kontrakt psychologiczny. Zarządzanie ludźmi w pracy. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.
10. Mały słownik języka polskiego pod red. S. Skorupki, H. Auderskiej, Z. Łempickiej. PWN Warszawa 1990.
11. Mikuła B., A. Potocki A.: Humanizacja organizacji pracy. Aspekty metodologiczne. Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków 1998.
12. Nowa encyklopedia powszechna PWN, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995.
13. Ratajczak Z.: Psychologia pracy i organizacji. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
14. Sztumski J.: Humanizacja pracy a zagrożenia związane z jej wykonywaniem. Humanizacja pracy, nr 1-2 (205-206) 2002.

15. Terelak J.F.: Wprowadzenie do psychologii. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Suwalsko-Mazurskiej, Suwałki 2007.
16. Turowska-Szczyglińska L.: Wybrane aspekty humanizacji pracy na początku XXI wieku. W: Humanistyczne aspekty techniki. Praca zbiorowa pod red. A. Jakubiaka. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.

TECHNICAL PROGRESS AND THE HUMANIZATION OF WORK

Summary

Technical progress caused that job is easier and faster, the level of job security increased and the health condition of employees improved. On the other hand the job market is shrinking and the unemployment increases, the level of work monotony grows and the social ties weaken. Those phenomena can be counteracted by the humanization of work. Its methods, among others, are: job rotation, job enlargement, job enrichment, secondary tasks, autonomous work group and Lothar Schneder's model of shuttle four-day-working week as being the proposal of the unemployment reduction through sharing the work.

Key words: work value, technical progress, humanization of work, quality of life.