

Jerzy Kwaśnikowski
Politechnika Poznańska

Adrian Gill
Politechnika Poznańska

Grzegorz Gramza
Politechnika Poznańska

SZACOWANIE STOPNIA STRAT W OTOCZENIU SYSTEMU TRANSPORTOWEGO SPOWODOWANYCH ZDARZENIAMI NIEPOŻĄDANYMI W RUCHU KOLEJOWYM

Streszczenie: Praca zawiera koncepcję szacowania skutków zdarzeń niepożądanych w ruchu kolejowym jakie ponosi otoczenie kolejowego systemu transportowego. Opisano kolejowe zdarzenia niepożądane. Przedstawiono model ogólny wyznaczania miary skutków zdarzeń niepożądanych i model szczegółowy, w którym uwzględniono wybrane kryteria oceny skutków zdarzeń niepożądanych. Zamieszczono przykład zastosowania przyjętej metody dla oszacowaniu skutków wybranego zdarzenia niepożądanego według przyjętego scenariusza rozwoju zdarzeń.

Słowa kluczowe: kolejowe zdarzenia niepożądane, zakłócenia w ruchu kolejowym

1. WPROWADZENIE

Zdarzenie niepożądane jest to takie zdarzenie, które może spowodować szkodę (stratę) [7]. W transporcie kolejowym do zdarzeń niepożądanych (ZN) zalicza się takie zdarzenia, których wynikiem mogą być zakłócenia ruchu kolejowego lub zdarzenia niebezpieczne mogące spowodować różnego rodzaju straty. Szacowanie stopnia strat spowodowanych zdarzeniami niepożadanymi jest elementem analizy ryzyka [1, 9]. Do ZN zaliczyć można zdarzenia definiowane przez Dyrektywę 2004/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady [2] jako: incydenty, wypadki i poważne wypadki. Według tej dyrektywy wypadek oznacza niechciane lub niezamierzone, nagłe zdarzenie lub ciąg takich zdarzeń, które mają dotkliwe konsekwencje. Wypadki dzielą się przy tym na

następujące kategorie: kolizje, wykolejenia, wypadki na przejazdach, wypadki z udziałem osób spowodowane przez tabor kolejowy będący w ruchu, pożary i inne. Innym dokumentem odnoszącym się do ZN jest *Instrukcja o postępowaniu w sprawach wypadków i wydarzeń kolejowych R-3* [10], znajdująca się w wykazie przepisów wewnętrznych obowiązujących użytkowników linii kolejowych zarządzanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. W tej instrukcji zdarzenia, które zakłócają lub mogą zakłócić normalny tok eksploatacji kolei nazywane są wypadkami lub wydarzeniami [10]. Wypadki ze względu na skutki dzieli się na: wypadki z następstwami, wypadki bez następstw. Wypadek z następstwami to zdarzenie polegające na zderzeniu, najechaniu, wykolejeniu lub starciu się pojazdów. Wypadek bez następstw – zdarzenie, które na skutek naruszenia podstawowych zasad, określonych w obowiązujących przepisach, instrukcjach oraz regulaminach, spowodowało stan zagrożenia bezpieczeństwa ruchu. Wydarzenie – zdarzenie które spowodowało stan zagrożenia bezpieczeństwa ruchu, przerwę lub ograniczenie w ruchu pociągów lub straty PKP i nie kwalifikuje się do grupy wypadków [10].

System transportowy jest wydzieloną częścią rzeczywistości spełniającą określoną funkcję. Wydzielenie systemu z istniejącej rzeczywistości powoduje jej podział na system i otoczenie. Przydział elementów do systemu lub otoczenia zależy od celu badań. Szerszy opis tych zagadnień zawiera praca [4]. Z punktu widzenia otoczenia systemu transportowego nieistotne wydają się wszelkie ZN, których wystąpienie w systemie może spowodować straty wewnątrz tego systemu, a nie powoduje strat w jego otoczeniu. Ważne jest w tym przypadku wyznaczenie takiej miary stopnia strat, która uwzględnia każdy z możliwych rodzajów strat spowodowanych ZN, a powstałych w otoczeniu systemu transportowego.

W pracy zaprezentowano model wyznaczenia miary strat związanych z wystąpieniem ZN oparty na koncepcji wielokryterialnej oceny strat. Kwantyfikacja ryzyka zagrożeń w transporcie kolejowym, oraz modele miar skutków zdarzeń niepożądanych przedstawiona była wcześniej m. in. w pracach [3, 5, 6, 8].

Przedstawiony w niniejszej pracy model ze względu na ilościowe wyrażenie strat spowodowanych ZN może zostać wykorzystany w procesie oceny ZN przez podmioty je badające.

2. OGÓLNY I SZCZEGÓŁOWY MODEL SZACOWANIA STOPNIA STRAT W OTOCZENIU SYSTEMU TRANSPORTOWEGO SPOWODOWANYCH ZDARZENIAMI NIEPOŻĄDANYMI

2.1. Model ogólny

Model ogólny szacowania skutków zdarzeń niepożądanych w transporcie kolejowym był prezentowany wcześniej w pracach [8]. W niniejszej publikacji przedstawiono najistotniejsze elementy tego modelu.

Szacowany jest stopień strat spowodowanych wystąpieniem zakłóceń na drodze przewozu p^{ab} . Do zbioru tych zakłóceń należą znane ograniczenia prędkości i nagłe

nieplanowe zwolnienia i zatrzymania. Wypadki i poważne wypadki kolejowe traktuje się jako źródła zakłóceń. W prezentowanej pracy pomija się rodzaje strat związanych z uszkodzeniem taboru, infrastruktury czy utratą zdrowia i życia pasażerów jako nieistotne dla otoczenia systemu transportowego.

$$\mathbf{Z}^{p^{ab}} = \left\{ \mathbf{OP}^{p^{ab}}, \mathbf{NZ}^{p^{ab}} \right\}, \quad (1)$$

gdzie:

$\mathbf{Z}^{p^{ab}}$ – zbiór zakłóceń na drodze przewozu p^{ab} ,

$\mathbf{OP}^{p^{ab}}$ – zbiór ograniczeń prędkości na drodze przewozu p^{ab} ,

$\mathbf{NZ}^{p^{ab}}$ – zbiór nagłych, nieplanowych zwolnień i zatrzymań na drodze przewozu p^{ab} .

Zbiór elementów systemu transportowego wraz z jego otoczeniem, z punktu widzenia których szacowany jest stopień strat, zapisać można następująco:

$$\mathbf{EL} = \{ e_1, e_2, \dots, e_\varepsilon, \dots, e_E \}, \quad (2)$$

gdzie:

e_ε – ε -ty element, z punktu widzenia którego szacowany jest stopień strat np. klient, przewoźnik, sektor infrastruktury, otoczenie systemu transportowego.

Zbiór miar ważności \mathbf{Q}_{EL} poszczególnych elementów q_{e_ε} , dla których szacowany jest stopień strat przedstawić można w następujący sposób:

$$\mathbf{Q}_{EL} = \{ q_{e_1}, q_{e_2}, \dots, q_{e_\varepsilon}, \dots, q_{e_E} \}, \quad (3)$$

zakłada się, że:

$$\forall_{e_\varepsilon \in \mathbf{EL}} 0 \leq q_{e_\varepsilon} \leq 1. \quad (4)$$

Dla każdego elementu e_ε określa się zbiór kryteriów oceny stopnia strat spowodowanych zakłóceniami, kryteria mogą posiadać więcej niż jedną miarę:

$$\mathbf{K}_{e_\varepsilon} = \{ k_{\kappa, e_\varepsilon}^\gamma : \kappa = 1, 2, \dots, K; \gamma = 1, 2, \dots, \Gamma \}, \quad (5)$$

gdzie:

$k_{\kappa, e_\varepsilon}^\gamma$ – κ -te kryterium oceny stopnia strat spowodowanych zakłóceniami dla ε -tego elementu o γ -tej mierze.

Przyjmuje się, że znana jest miara ważności poszczególnych kryteriów oceny o γ -tej mierze $q_{k_{\kappa, e_\varepsilon}^\gamma}$. Zbiór miar ważności kryteriów przedstawić można:

$$\mathbf{Q}_{K e_\varepsilon} = \left\{ q_{k, \kappa, e_\varepsilon}^\gamma : \kappa = 1, 2, \dots, K; \gamma = 1, 2, \dots, \Gamma \right\}, \quad (6)$$

zakłada się dodatkowo, że:

$$\forall_{k, \kappa, e_\varepsilon} \quad 0 \leq q_{k, \kappa, e_\varepsilon}^\gamma \leq 1. \quad (7)$$

Skutek $SK_{OP_{k, \alpha}^{p^{ab}}, e_\varepsilon, k_{k, e_\varepsilon}^\gamma}$ ograniczenia prędkości $OP_{k, \alpha}^{p^{ab}}$ oraz skutek $SK_{NZ_{k, \beta}^{p^{ab}}, e_\varepsilon, k_{k, e_\varepsilon}^\gamma}$

nieplanowanego zwolnienia $NZ_{k, \beta}^{p^{ab}}$ z punktu widzenia ε -tego elementu wg κ -tego kryterium oceny o γ -tej mierze, może być wyrażony w różnych jednostkach lub być bezwymiarowy. Ponadto, kryteria oceny skutków mogą być maksymalizowane lub minimalizowane oraz wyrażane jakościowo lub ilościowo.

Dla uzyskania łącznej miary strat spowodowanych zakłóceniami dla każdego z elementów zbioru EL według wszystkich kryteriów oceny, należy przeprowadzić normalizację wartości strat spowodowanych zakłóceniami. Każdej wartości skutków $SK_{OP_{k, \alpha}^{p^{ab}}, e_\varepsilon, k_{k, e_\varepsilon}^\gamma}$ i $SK_{NZ_{k, \beta}^{p^{ab}}, e_\varepsilon, k_{k, e_\varepsilon}^\gamma}$ przypisuje się miarę ocenową ze skończonego zbioru

miar ocenowych skutków zakłóceń Φ_O i skończonego zbioru miar liczbowych Φ_L . Dokonuje się tego odwzorowując wartości skutków zakłóceń dla wszystkich elementów zbioru EL według wszystkich kryteriów zbioru K_{e_ε} w zbiory Φ_O i Φ_L . Odwzorowanie to dla nieplanowanego zwolnienia $NZ_{k, \beta}^{p^{ab}}$ można przedstawić następująco:

$$\mu_O : SK_{NZ_{k, \beta}^{p^{ab}}, e_\varepsilon, k_{k, e_\varepsilon}^\gamma} \rightarrow \Phi_O; \quad \forall_{e_\varepsilon \in EL} \quad \forall_{k_{k, e_\varepsilon}^\gamma \in K_{e_\varepsilon}} \quad \mu_O = \varphi_O, \quad \varphi_O \in \Phi_O, \quad (8)$$

$$\mu_L : SK_{NZ_{k, \beta}^{p^{ab}}, e_\varepsilon, k_{k, e_\varepsilon}^\gamma} \rightarrow \Phi_L; \quad \forall_{e_\varepsilon \in EL} \quad \forall_{k_{k, e_\varepsilon}^\gamma \in K_{e_\varepsilon}} \quad \mu_L = \varphi_L, \quad \varphi_L \in \Phi_L, \quad (9)$$

gdzie:

- φ_O – miara ocenowa skutków β -tego nieplanowego zwolnienia na k -tym odcinku drogi p^{ab} dla elementu e_ε wg κ -tego kryterium o γ -tej mierze,
- φ_L – miara liczbowo skutków β -tego nieplanowego zwolnienia na k -tym odcinku drogi p^{ab} dla elementu e_ε wg κ -tego kryterium o γ -tej mierze.

Zbiory Φ_O oraz Φ_L można przedstawić jako:

$$\Phi_O = \{ \varphi_O^1, \varphi_O^2, \dots, \varphi_O^n, \dots, \varphi_O^H \}, \quad (10)$$

$$\Phi_L = \{ 0, 1, 2, \dots, H-1 \}. \quad (11)$$

Łączna miara wartości strat $LSK_{Z^{pab}, e_\varepsilon}$ spowodowanych zakłóceniami ze zbioru Z^{pab} dla elementu e_ε może zostać wyrażona:

$$LSK_{Z^{pab}, e_\varepsilon} = \sum_{\alpha} \left(q_{e_\varepsilon} \cdot \sum_{\kappa} \sum_{\gamma} \varphi_L \cdot q_{k_{\kappa, e_\varepsilon}^\gamma} \right) + \sum_{\beta} \left(q_{e_\varepsilon} \cdot \sum_{\kappa} \sum_{\gamma} \varphi_L \cdot q_{k_{\kappa, e_\varepsilon}^\gamma} \right) \quad (12)$$

Łączna miara wartości strat $LSK_{Z^{pab}, EL}$ spowodowanych zakłóceniami ze zbioru Z^{pab} dla wszystkich elementów zbioru EL :

$$LSK_{Z^{pab}, EL} = \sum_{\varepsilon} \left[\sum_{\alpha} \left(q_{e_\varepsilon} \cdot \sum_{\kappa} \sum_{\gamma} \varphi_L \cdot q_{k_{\kappa, e_\varepsilon}^\gamma} \right) + \sum_{\beta} \left(q_{e_\varepsilon} \cdot \sum_{\kappa} \sum_{\gamma} \varphi_L \cdot q_{k_{\kappa, e_\varepsilon}^\gamma} \right) \right] \quad (13)$$

2.2. Model szczegółowy

W celu wyznaczenia stopnia strat w otoczeniu systemu transportowego e_4 spowodowanych zakłóceniami przyjęto następujące zbiory: kryteriów, według których ocenia się skutki zakłóceń K_{e_4} oraz zbiór ważności tych kryteriów $Q_{K_{e_4}}$.

$$K_{e_4} = \{k_{1, e_4}^1, k_{2, e_4}^1, k_{2, e_4}^2, k_{3, e_4}^1\}, \quad (14)$$

$$Q_{K_{e_4}} = \left\{ q_{k_{1, e_4}^1}, q_{k_{2, e_4}^1}, q_{k_{2, e_4}^2}, q_{k_{3, e_4}^1} \right\}, \quad (15)$$

$$q_{k_{1, e_4}^1} = 0,8, \quad q_{k_{2, e_4}^1} = 0,3, \quad q_{k_{2, e_4}^2} = 0,5, \quad q_{k_{3, e_4}^1} = 0,7, \quad (16)$$

gdzie:

k_{1, e_4}^1 – kryterium związane z wpływem zakłócenia na zdrowie i życie ludzi z otoczenia systemu transportowego (tab. 1),

k_{2, e_4}^1 – kryterium związane z wpływem zakłócenia na środowisko naturalne, szczególnie trwałe elementy przyrody i glebę (tab. 1),

k_{2, e_4}^2 – kryterium związane z wpływem zakłócenia na środowisko naturalne, szczególnie na wody powierzchniowe i podziemne (tab. 1),

k_{3, e_4}^1 – kryterium związane ze stratami mienia w otoczeniu systemu transportowego.

Przyjęto następujące przedziały kryterialne i odpowiadające im miary ocenowe i liczbowe kosztów strat w mieniu w otoczeniu systemu transportowego w trakcie realizacji zadania przewozowego na k -tym odcinku z powodu zakłóceń ruchu:

$$\begin{array}{l}
 KS > 5 \text{ mln} \\
 1 \text{ mln} < KS \leq 5 \text{ mln} \\
 100 \text{ tys} < KS \leq 1 \text{ mln} \\
 5 \text{ tys} < KS \leq 100 \text{ tys} \\
 KS \leq 5 \text{ tys}
 \end{array}
 , \varphi_o = \begin{cases} \text{bardzo duzy} \\ \text{duzy} \\ \text{średni} \\ \text{maly} \\ \text{bardzo maly} \end{cases}
 , \varphi_L = \begin{cases} 4 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \\ 0 \end{cases} . \quad (17)$$

Tablica 1.

Przykłady miar ocenowych kryteriów jakościowych strat w otoczeniu systemu transportowego spowodowanych zakłóceniami w metodzie wyznaczania ich skutków

	Kryteria oceny strat otoczenia systemu transportowego e_4 spowodowanych zakłóceniami		
	Kryterium $k_{1,e4}^1$ związane z wpływem zakłócenia na zdrowie i życie ludzi	Kryterium $k_{2,e4}^1$ związane z wpływem zakłócenia na trwałe elementy przyrody i glebę	Kryterium $k_{2,e4}^2$ związane z wpływem zakłócenia na wody powierzchniowe i podziemne
Bardzo mały	bez wpływu na zdrowie i życie ludzi z otoczenia systemu	bez wpływu na środowisko naturalne	bez wpływu na wody powierzchniowe i podziemne
Maly	utrudnienia spowodowane pozbawieniem przynajmniej 500 osób wody pitnej, energii elektrycznej, gazu lub połączeń telefonicznych przez czas dłuższy niż 2 godziny albo innej liczby osób, jeżeli iloczyn liczby osób i czasu przerwania w/w mediów (określony w godzinach) wynosi co najmniej 1000	trwale uszkodzenie lub zniszczenie środowiska o powierzchni do 1 ha	zanieczyszczenie jeziora lub innego naturalnego bądź sztucznego zbiornika wodnego zawierającego wody stojące o powierzchni powyżej 1 ha
Średni	hospitalizacja co najmniej jednej osoby z otoczenia systemu przez co najmniej 24 godziny	trwale uszkodzenie lub zniszczenie środowiska o powierzchni powyżej 1 ha	zanieczyszczenie cieku naturalnego lub kanału na długości co najmniej 5 km
Duży	zranienie co najmniej 6 osób z otoczenia systemu i hospitalizacja przynajmniej jednej z tych osób przez co najmniej 24 godziny	trwale uszkodzenie lub zniszczenie obiektu poddanego pod ochronę: pomnik przyrody, stanowisko dokumentacyjne	zanieczyszczenie delty o powierzchni co najmniej 2 ha, morskich wód wewnętrznych, lub wód morza terytorialnego albo strefy wybrzeża morskiego o powierzchni co najmniej 2 ha
Bardzo duży	śmierć co najmniej jednej osoby z otoczenia systemu transportowego	trwale uszkodzenie lub zniszczenie jednego lub kilku elementów przyrodniczych środowiska, bez względu na wielkość uszkodzonej lub zniszczonej powierzchni, na obszarze poddanym pod ochronę: park narodowy, rezerwat przyrody, park krajobrazowy, obszar chronionego krajobrazu, zespół przyrodniczo-krajobrazowy	zanieczyszczenie poziomów wodonosnych wód podziemnych na obszarze ich zalegania, o powierzchni co najmniej 1 ha

Źródło: opracowanie własne na podstawie [11]

3. PRZYKŁAD SZACOWANIA STOPNIA STRAT W OTOCZENIU SYSTEMU TRANSPORTOWEGO SPOWODOWANYCH ZDARZENIAMI NIEPOŻĄDANYMI

W celu przedstawienia możliwości wykorzystania przedstawionych modeli do oszacowania stopnia strat spowodowanych ZN przeanalizowano przykładowe zdarzenie polegające na zderzeniu pociągu pospiesznego na przejeździe kolejowym z samochodem ciężarowym z naczepą przewożącą olej napędowy. W wyniku zderzenia nastąpił wyciek 1000 litrów oleju napędowego przewożonego przez samochód ciężarowy, powodując skażenie na powierzchni około 1 ha terenu. Zgodnie z przyjętymi założeniami modelu,

pominięto w przykładowym scenariuszu rozwoju ZN, straty powstałe w wyniku uszkodzenia taboru kolejowego i infrastruktury oraz straty konsumenta usług transportowych – pasażera. Straty te mają jednak znaczenie w przypadku szacowania łącznej miary stopnia strat spowodowanych ZN tj. miary stopnia strat spowodowanych ZN dla wszystkich elementów systemu transportowego i otoczenia.

Tablica 2.

Wyniki przykładu szacowania stopnia strat w otoczeniu systemu transportowego spowodowanych zdarzeniami niepożądanymi w tym systemie

Nazwa kryterium	Wartość kryterium	Miara ocenowa	Miara liczbowa
k_{1,e_4}^1 – kryterium związane z wpływem zakłócenia na zdrowie i życie ludzi z otoczenia systemu transportowego	bez wpływu na zdrowie i życie ludzi z otoczenia systemu	bardzo mały	0
k_{2,e_4}^1 – kryterium związane z wpływem zakłócenia na środowisko naturalne, szczególnie trwałe elementy przyrody i glebę	trwałe uszkodzenie lub zniszczenie środowiska o powierzchni do 1 ha	mały	1
k_{2,e_4}^2 – kryterium związane z wpływem zakłócenia na środowisko naturalne, szczególnie na wody powierzchniowe i podziemne	bez wpływu na wody powierzchniowe i podziemne	bardzo mały	0
k_{3,e_4}^1 – kryterium związane ze szkodami w mieniu w otoczeniu systemu transportowego	$KS \approx 50 \text{ tys}$	mały	1

Łączna miara miary stopnia strat spowodowanych opisywanym ZN w ruchu kolejowym dla otoczenia systemu transportowego e_4 według przedstawionego modelu szczegółowego:

$$\begin{aligned}
 LSK_{NZ_{k,\beta},e_4}^{p^{ab}} &= q_{e_4} \cdot \left[\sum_{\kappa} \sum_{\gamma} \varphi_L \cdot q_{k,\kappa,e_4}^{\gamma} \right] = \\
 &= 0,1 \cdot [0 \cdot 0,8 + 1 \cdot 0,3 + 0 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,7] = 0,1 \cdot 1,0 = 0,1
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

4. PODSUMOWANIE

W pracy opisano kolejowe zdarzenia niepożądane. Skutkiem ZN powstających w trakcie realizacji zadań są straty powstające w różnych elementach systemu transportowego i jego otoczenia. Przedstawiono model szczegółowy szacowania skutków ZN dla otoczenia systemu transportowego, a jego praktyczne zastosowanie zaprezentowano na przykładzie hipotetycznego zdarzenia polegającego na zderzeniu pociągu pospiesznego z samochodem ciężarowym na przejeździe kolejowym. W celu oceny skutków takiego zdarzenia opracowano własne kryteria oceny ZN. Do zbioru przedstawionych w pracy kryteriów mogą zostać dodane nowe kryteria w zależności od potrzeb. Istnieje również możliwość zmiany miar ocenowych ZN, jednak ogólna metoda oceny ich skutków dla otoczenia systemu transportowego pozostanie bez zmian. Po rozwinięciu metoda może być przydatna do oceny skutków ZN przez odpowiednie instytucje zajmujące się tą problematyką.

Bibliografia

1. Borysiewicz M., Markowski A.S.: Kryteria akceptowalności ryzyka poważnych awarii przemysłowych, 2002, strona internetowa: <http://manhaz.cyf.gov.pl/manhaz>.
2. DYREKTYWA 2004/49/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa kolei. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej (Dz.U. L164/44 z 30.04.2004, str. 227).
3. Grocki R.: Przedsięwzięcia organizacyjne Wojewódzkiego Inspektoratu Obrony Cywilnej we Wrocławiu w zakresie bezpieczeństwa transportu i eksploatacji niebezpiecznych substancji chemicznych, w: Analiza ryzyka w transporcie i przemyśle, red. M. Młyńczak, Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1997, s. 127÷131.
4. Jacyna M.: Wybrane zagadnienia modelowania systemów transportowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
5. Kadziński A., Woźniak A.: O modelach kwantyfikacji zagrożeń bezpieczeństwa w transporcie kolejowym. W: Materiały XIV Konferencji Naukowej "Pojazdy Szynowe". Kraków-Arłamów, 2000, t. 3, s. 129÷136.
6. Kadziński A., Strzegocki G.: O postrzeganiu zagrożeń bezpieczeństwa w transporcie kolejowym. Materiały XIV Konferencji Naukowej "Pojazdy Szynowe". Kraków-Arłamów, 2000, t. 3, s. 251÷260.
7. Krystek R. (red.): Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu. Tom II. Uwarunkowania rozwoju integracji systemów bezpieczeństwa transportu. Politechnika Gdańska, Gdańsk 2009, WKŁ, Warszawa, 2009.
8. Kwaśnikowski J., Gramza G., Gill A.: Oszacowanie ilościowe skutków zakłócenia realizacji zadania przewozowego dla pasażerów pociągu. Mat. XVIII Konferencji Naukowej POJAZDY SZYNOWE, Katowice-Ustroń, 17-19 września 2008, tom II., str. 67-82.
9. Markowski A. S.: Analiza ryzyka w procesie magazynowania i przesyłania skroplonych gazów toksycznych, Ochrona Środowiska, 1996, nr 3, s. 11÷16.
10. R-3 – Instrukcja o postępowaniu w sprawach wypadków i wydarzeń kolejowych. wg stanu na dzień 1 listopada 2000.
11. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 grudnia 2002 roku w sprawie poważnych awarii objętych obowiązkiem zgłoszenia do Głównego Inspektora Ochrony Środowiska, Dz. U. z 2003 r. nr 5, poz. 58.

ESTIMATING OF DEGREE OF LOSS IN THE ENVIRONMENT OF TRANSPORT SYSTEM DUE TO UNDESIRABLE EVENTS IN RAIL TRAFFIC

Abstract: The paper presents the conception of estimating the effects of railway undesirable events incurred by environment of transport system. The railway undesirable events are described. The general model of the effects of adverse events estimation and the detailed model is discussed. The detailed model incorporates the selection criteria for assessing the impact of undesirable events. An example application of the method for estimating the effects of selected undesirable events according to a scenario of events is also shown.

Keywords: railway undesirable events, disturbances on rail traffic