

Article citation Info:

Lozia Z. Simulation testing of two ways of disturbing the motion of a motor vehicle entering a skid pad as used for tests at Driver Improvement Centres. The Archives of automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji. 2016; 72(2): 111-125, <http://dx.doi.org/10.14669/AM.VOL72.ART.6>

# Symulacyjna ocena dwóch sposobów zakłócania ruchu samochodu w trakcie wjazdu na płytę poślizgową stosowaną w ośrodkach doskonalenia techniki jazdy

ZBIGNIEW LOZIA<sup>1</sup>

Politechnika Warszawska

## Streszczenie

Artykuł dotyczy symulacji cyfrowej zaburzenia ruchu pojazdu w trakcie testów z wykorzystaniem płyty poślizgowej stosowanej w ośrodkach doskonalenia techniki jazdy (ODTJ). Zaburzenie to jest wywoływane z użyciem „płyty dynamicznej”, która stanowi obowiązkowe wyposażenie „ośrodków doskonalenia techniki jazdy stopnia wyższego”, co określono w Rozporządzeniu Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 16 stycznia 2013r. w sprawie doskonalenia techniki jazdy.

Zaburzenie wywołane ruchem poprzecznym płyty (w stosunku do toru ruchu pojazdu) zmusza kierowcę do wykonania manewrów obronnych w postaci obrotu kołem kierownicy, hamowania lub przyspieszania, bądź kombinacji tych manewrów.

Artykuł jest kontynuacją wcześniejszej publikacji autora, dotyczącej modelowania i oceny zaburzenia ruchu osi tylnej pojazdu. W prezentowanej pracy porównano skutki zaburzenia ruchu tylnej i przedniej osi jezdnej pojazdu. Zaprezentowano wyniki symulacji obrazujące skalę zaburzenia ruchu pojazdu, na które musi zareagować szkolony kierowca.

**Słowa kluczowe:** symulacja, płyta dynamiczna, dynamika samochodu, ośrodki doskonalenia

---

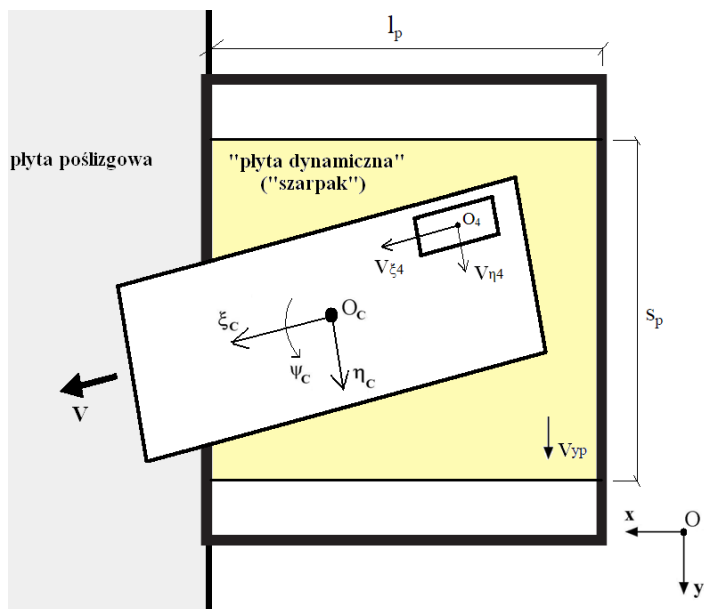
<sup>1</sup> Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, Polska;  
e-mail: lozia@wt.pw.edu.pl.

techniki jazdy

## 1. Wstęp

W ośrodkach doskonalenia techniki jazdy (ODTJ) wykonywane są testy, w których przed wjazdem na płytę o obniżonej przyczepności zaburza się ruch pojazdu za pomocą „płyty dynamicznej”. Stanowi ona obowiązkowe wyposażenie wspomnianych ośrodków, co określono w Rozporządzeniu Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 16 stycznia 2013r. w sprawie doskonalenia techniki jazdy [5]. Realizacja praktyczna polega najczęściej na wywołaniu ruchu poprzecznego płyty (w stosunku do toru ruchu pojazdu) w chwili, gdy koła jednej osi są poza ruchomą „płytą dynamiczną” a koła drugiej osi znajdują się na niej. Zaburzenie wywołane ruchem płyty zmusza kierowcę do wykonania manewrów obronnych. Najczęściej jest to obrót kołem kierownicy. Możliwe są jednak inne, nawet zaskakujące działania kierowcy, w postaci hamowania lub przyspieszania, bądź kombinacji wymienionych reakcji a więc i manewrów pojazdem.

Artykuł jest kontynuacją wcześniejszej publikacji autora [2], dotyczącej modelowania i oceny zaburzania ruchu osi tylnej pojazdu. W cytowanej pracy [2] opisano budowę toru, na którym prowadzone są testy z zaburzeniem ruchu pojazdu. Wspomnianym urządzeniem destabilizującym jest „płyta dynamiczna” zwana także „szarpakiem” („kickplate”) [8]. Najczęściej zaburza się ruch kół tylnych [6, 7, 8, 9]. W niniejszej pracy porównano skutki zaburzenia ruchu kół tylnej i przedniej osi jezdnej pojazdu. Zaprezentowano wyniki symulacji obrazujące skalę zaburzenia ruchu pojazdu, na które musi zareagować szkolony kierowca. Oceniane jest zachowanie samego pojazdu w okresie odpowiadającym czasowi reakcji kierowcy, a więc bez jego ingerencji. W pracy [2] przedstawiano także wykorzystywany model ruchu, dynamiki dwuosiowego pojazdu drogowego o 14 stopniach swobody, odpowiadający samochodowi osobowemu klasy średniej KIA Cee’d, dla którego uzyskano bardzo dobre wyniki weryfikacji eksperymentalnej w testach zalecanych przez ISO [3, 4]. Opisano sposób wprowadzenia do modelu ruchu pojazdu zakłócenia w postaci przemieszczenia poprzecznego „płyty dynamicznej” (rys. 1), umieszczonej przed wjazdem na płytę poślizgową.



Rys. 1. Schemat, stanowiący podstawę modyfikacji modelu i programu symulacyjnego ruchu pojazdu na torze w ośrodku ODTJ, wyposażonym w płytę poślizgową oraz „płytę dynamiczną” („szarpak”) (patrz [2])

## 2. Przyjęte dane badanego pojazdu, zakłócenia oraz warunków ruchu

Dane pojazdu odpowiadają danym nominalnym samochodowi Kia Cee'd w stanie gotowości do jazdy, obciążonego kierowcą i instruktorem jazdy. Masa całkowita wynosiła 1570 kg. Rozstaw osi dla tego pojazdu to  $l=2,655$  m, odległość środka masy od osi przedniej  $l_1=0,976$  m, od osi tylnej  $l_2=1,679$  m, statyczna wysokość środka masy  $z_{O_c}=0,516$  m.

Dane „płyty dynamicznej” (rys. 1) wzorowano na parametrach urządzenia polskiego producenta UNIMETAL [9]. Przyjęto długość płyty  $l_p=3,0$  m, szerokość  $s_p=2,7$  m, prędkość przesuwu poprzecznego  $v_{yp}$  równą  $-1,5$  m/s dla zaburzenia ruchu kół przednich i  $1,5$  m/s dla zaburzenia ruchu kół tylnych, ekstremalne przemieszczenie poprzeczne płyty  $s_{yp}$  równe  $-0,3$  m dla zaburzenia ruchu kół przednich i  $0,3$  m dla zaburzenia ruchu kół tylnych. Płyta pokryta jest materiałem o maksymalnej wartości współczynnika przyczepności równego  $0,8$ . Autor interpretuje ją jako wartość współczynnika przyczepności dla prędkości poślizgu bliskiej zeru. Dla przyjętych danych czas przemieszczania się „płyty dynamicznej” wynosi  $t_{yp}=0,2$  s. Dla płyty poślizgowej przyjęto maksymalną wartość współczynnika przyczepności równą  $0,5$ .

Założono, że nawierzchnie drogi i płyt stanowiska testowego są poziome, równe. Badania symulacyjne wykonano dla siedmiu wartości prędkości ruchu pojazdu  $V$ : 20, 30, 40, 50, 60, 70 i 80 km/h. Założono, że w chwili rozpoczęcia testu samochód porusza się ruchem prostoliniowym ze stałą prędkością  $V$ , torem równoległym do osi  $Ox$  układu związanego z drogą (rys. 1), przecinającym środek części ruchomej „płyty dynamicznej”. Przyjęto typowy test „otwarty” a więc bez sprzężenia zwrotnego w układzie sterowania kierowca-pojazd-otoczenie-kierowca [3]. W trakcie testu kierowca nie reaguje, czyli nie zmienia kąta obrotu kierownicy i położenia „pedału gazu”, nie naciska na pedał hamulca ani sprzęgła. Układy asystenckie (EBS, ASR i ESP) są wyłączone, co często ma miejsce w trakcie szkolenia kierowców na wyższym (niż podstawowy) poziomie.

### 3. Przykładowe wyniki symulacji w dziedzinie czasu

Rysunki 2, 3 i 4 przedstawiają wyniki obliczeń symulacyjnych wybranych wielkości w funkcji czasu dla prędkości pojazdu  $V=60$  km/h. Skalę czasu zmieniono tak, aby  $t=0$  odpowiadało chwili, gdy koła przednie samochodu wjeżdżają na „płytę dynamiczną” („szarpak”). W przypadku zaburzenia ruchu kół osi przedniej, „płyta dynamiczna” rozpoczyna wtedy ruch poprzeczny. Gdy zaburzany jest ruch kół osi tylnej „płyta dynamiczna” rozpoczyna przemieszczanie, gdy koła osi przedniej zjadą z niej. W efekcie takiego zdefiniowania punktu  $t=0$  wykresów, odpowiadającego czasowi równemu zero, przebiegi obrazujące wyniki dla zaburzenia ruchu kół osi tylnej są, dla prędkości 60 km/h, przesunięte o 0,18 s, co odpowiada czasowi przejazdu pojazdu przez „płytę dynamiczną” (długość jej wynosi 3 m).

Na rysunku 2 przedstawiono następujące wielkości:

- przemieszczenie poprzeczne środka masy pojazdu  $y_{Oc}$  (na rysunku:  $yOC$ );
- kąt odchylenia (kąt kierunkowy) pojazdu  $\psi_C$  (na rysunku:  $\psi C$ );
- prędkość kątową odchylenia  $d\psi_C/dt$  (na rysunku:  $\psi Cp$ );
- przyspieszenie poprzeczne pojazd  $a_{\eta h}$  (na rysunku:  $a\eta h$ );

a na rys. 3:

- moment na kole kierownicy EMK;
- sumę sił poprzecznych na kołach przednich  $F_{boczp}$  i tylnych  $F_{boczt}$  (na rysunku:  $F_{boczp}$  i  $F_{boczt}$ );
- niezbędną moc efektywną urządzeń wzbudzających wymuszenie na „płyty dynamicznej”  $P_{boczp}$  i  $P_{boczt}$  (wymagana moc efektywna urządzeń wzbudzających wymuszenie na „płyty dynamicznej”; na rysunku:  $P_{boczp}$  i  $P_{boczt}$ ) - są one obliczane jako iloczyn  $F_{boczp}$  lub  $F_{boczt}$  i prędkości płyty  $v_{yp}$ .

Na rys. 4 zaprezentowano przebiegi czasowe reakcji normalnych kół jezdnych  $N_k$  (na rysunku  $ENC(k)$ )  $k$ -tego koła ( $k=1, \dots, 4$ ).

Kierowca odczuwa zaburzenie ruchu pojazdu przede wszystkim poprzez następujące wielkości:

- przyspieszenie poprzeczne pojazd  $a_{\eta h}$  i prędkość kątową odchylenia  $d\psi_C/dt$  (określają

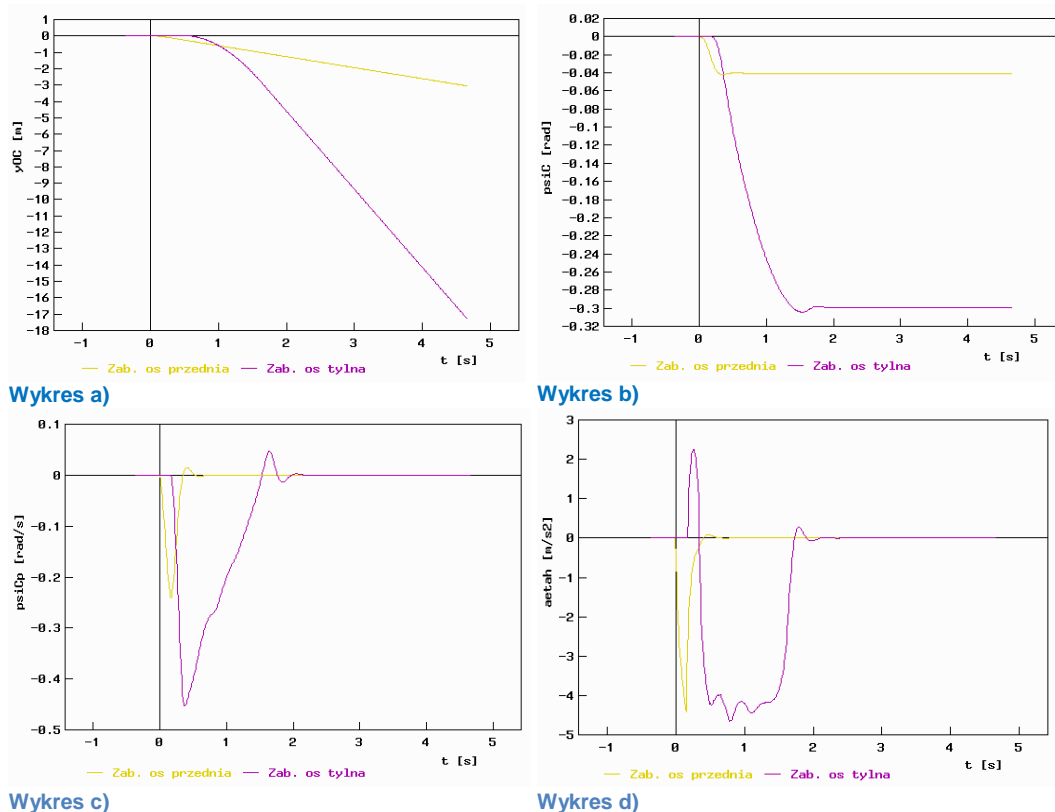
one siłę bezwładności działającą na ciało kierowcy, odbieraną układem równowagi ucha wewnętrznego i receptorami czuciowymi kończyn i tułowia);

- przemieszczenie poprzeczne środka masy pojazdu  $y_{0c}$  i kąt odchylenia  $\psi_c$  (kąt kierunkowy) odbierane wzrokiem;
- moment na kole kierownicy EMK odbierany przez ręce (ściślej: receptory czuciowe kończyn górnych).

To przebiegi czasowe i ekstrema tych wielkości mają decydujący wpływ na reakcje kierującego pojazdem.

Wyniki przedstawione na rys. 2, 3 i 4 wskazują na duże znaczenie zastosowanego zaburzenia ruchu pojazdu w postaci przemieszczenia poprzecznego „płyty dynamicznej”. Widoczna jest duża różnica dla dwóch rozważanych przypadków zaburzenia: gdy działa ono na koła osi przedniej lub tylnej. W ciągu czterech sekund po wystąpieniu zaburzenia ruchu kół osi przedniej przemieszczenie poprzeczne pojazdu przekracza (podawane są moduły obserwowanych wartości ekstremalnych) około 2,6 m, kąt odchylenia osiąga wartość 0,0419 rad, prędkość kątowna odchylenia nie przekracza wartości 0,2412 rad/s a przyspieszenia poprzeczne  $4,43 \text{ m/s}^2$ . Moment na kole kierownicy (obliczany na podstawie momentów stabilizacyjnych kół jezdnych oraz przełożeń układu zwrotniczego i przekładni kierowniczej, a więc bez uwzględnienia efektu działania wspomaganie) osiąga wartość 18,25 Nm. Wymagana moc efektywna urządzeń wzbudzających wymuszenie na „płyty dynamicznej” przekracza wartość 8500 W. Następuje znaczne zróżnicowanie reakcji normalnych drogi (rys. 4).

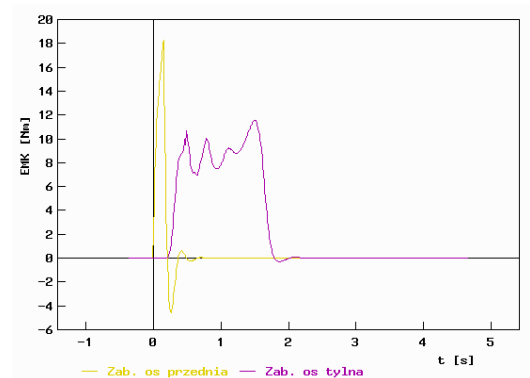
Analogiczne wyniki dla przypadku zaburzenia ruchu kół osi tylnej wyglądają następująco. Przemieszczenie poprzeczne pojazdu jest znacznie większe i przekracza ponad 15 m, kąt odchylenia stabilizuje się na poziomie ponad 0,3 rad, czyli ponad siedmiokrotnie większym niż dla przypadku zaburzenia ruchu kół osi przedniej. Prędkość kątowna odchylenia osiąga ekstremum na poziomie 0,45 rad/s, a więc niemal dwukrotnie większym. Przyspieszenie poprzeczne osiąga wartość ekstremalną na poziomie  $4,5 \text{ m/s}^2$ , a więc zbliżonym. Moment na kole kierownicy jest mniejszy i przekracza nieco 10 Nm. Wymagana moc efektywna urządzeń wzbudzających wymuszenie na „płyty dynamicznej” jest dla tego przypadku zaburzenia znacznie mniejsza i dochodzi do wartości około 5500 W. Następuje także widoczne zróżnicowanie reakcji normalnych drogi (rys. 4).



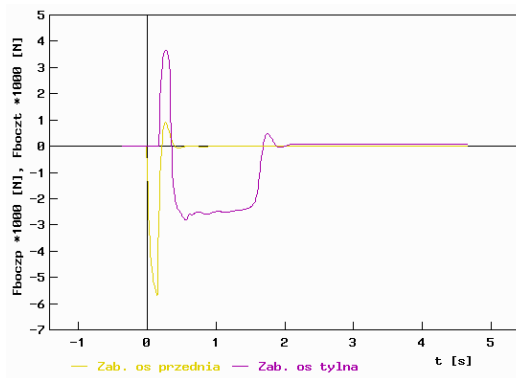
Rys. 2. Wyniki obliczeń symulacyjnych wybranych wielkości w funkcji czasu.  $V=60$  km/h.

a - przemieszczenie poprzeczne środka masy pojazdu  $y_{Oc}$  (na rysunku:  $y_{OC}$ ); b - kąt odchylenia (kąt kierunkowy) pojazdu  $\psi_C$  (na rysunku:  $\psi_iC$ ); c – prędkość kątowna odchylenia  $d\psi_C/dt$  (na rysunku:  $\psi_iC_p$ ); d - przyspieszenie poprzeczna pojazd  $a_{\eta h}$  (na rysunku:  $a_{etaH}$ ) Porównując wyniki dla obu przypadków zaburzenia ruchu pojazdu, widocznym jest (patrz rys. 2 , 3 i 4), że zakłócenie ruchu kół osi tylnej prowadzi do większych wartości modułów wielkości przyjętych jako kryteria oceny ruchu pojazdu. Efekt zakłócenia trwa o wiele dłużej, co jest szczególnie widoczne dla prędkości kątownej odchylenia, przyspieszenia poprzecznego, momentu na kole kierownicy i sił poprzecznych na kołach jezdnych. Wyjątkiem jest, dla zaburzenia ruchu kół przednich, duża wartość ekstremum momentu na kole kierownicy (wartość 1,8 razy większa niż dla przypadku zaburzenia ruchu kół osi tylnej, choć to zaburzenie trwa w tym przypadku znacznie krócej – patrz rys. 3a) i wymaganej mocy

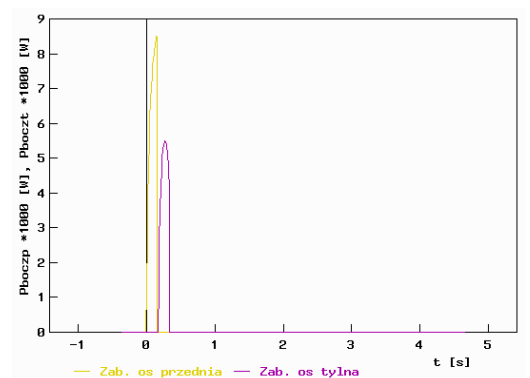
efektywnej urządzeń wzbudzających wymuszenie „płyty dynamicznej” (wartość 1,55 raz większa – patrz rys. 3c), co wymaga użycia droższych urządzeń w konstrukcji płyty. Przedstawione przykładowe przebiegi czasowe wskazują na duży wpływ zastosowanego zaburzenia na ruch, dynamikę samochodu, w którym znajduje się badany, szkolony kierowca. Efekt ten jest znacznie większy w przypadku zaburzania ruchu kół jezdnych osi tylnej.



Wykres a)

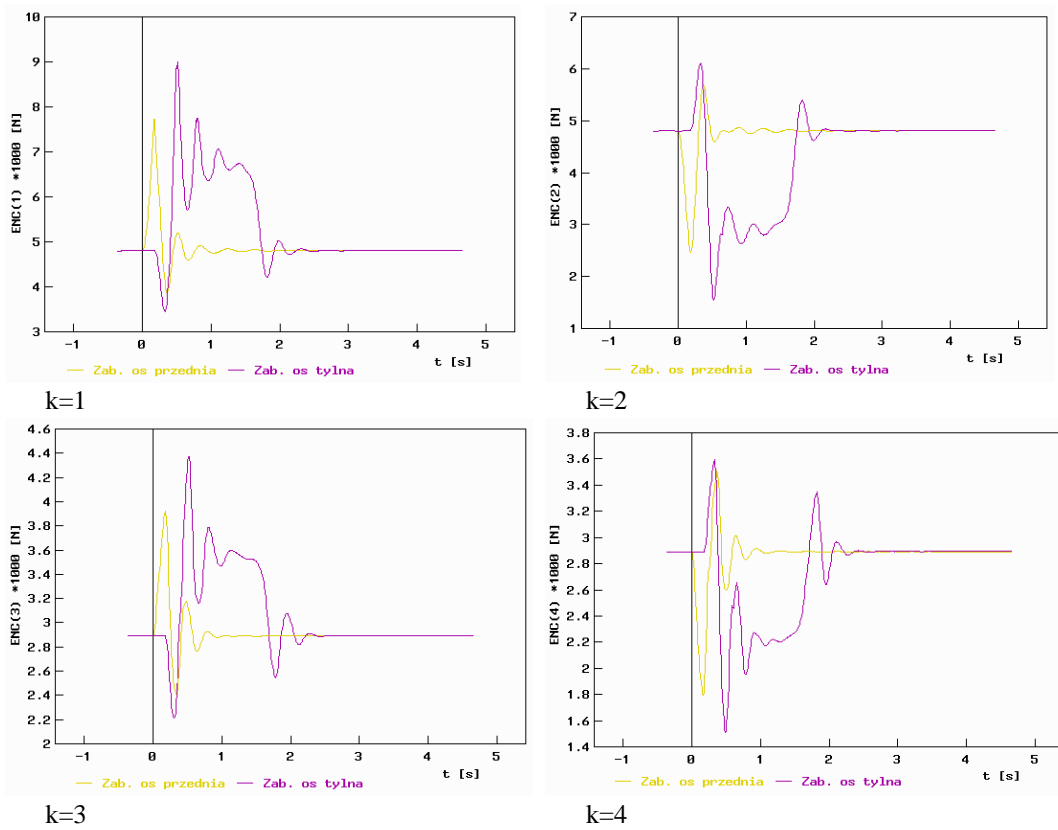


Wykres b)



Wykres c)

Rys. 3. Wyniki obliczeń symulacyjnych wybranych wielkości w funkcji czasu.  $V=60$  km/h.  
 a - moment na kole kierownicy EMK; b - suma sił poprzecznych na kołach przednich  $F_{boczp}$  i tylnych  $F_{boczt}$  (na rysunku:  $F_{boczp}$  i  $F_{boczt}$ ); c - moc efektywna urządzeń wzbudzających wymuszenie na „płyty dynamicznej”  $P_{boczp}$  i  $P_{boczt}$  (na rysunku:  $P_{boczp}$  i  $P_{boczt}$ )



Rys. 4. Wyniki obliczeń symulacyjnych w funkcji czasu.  $V=60$  km/h.  
 Reakcje normalne kół jezdnych  $N_{ck}$  (na rysunku oznaczono  $ENC(k)$ ) k-tego koła  
 ( $k=1, \dots, 4$ ; 1 - koło lewe przednie, 2 - koło prawe przednie, 3- koło lewe tylne, 4 - koło prawe tylne)

#### 4. Przyjęte kryteria wyboru prędkości pojazdu w teście zaburzenia ruchu na „płycie dynamicznej”

W celu wyboru prędkości pojazdu w trakcie testu zaburzenia ruchu na „płycie dynamicznej” przyjęto dziewięć kryteriów oceny. Przedstawiono je poniżej.

Kryterium 1: moduł ekstremum przemieszczenia poprzecznego środka masy pojazdu  $y_{Oc}$  [m] (na rysunku: ekstremum  $y_{OC}$ ) w trakcie pierwszej sekundy od



- wystąpienia zaburzenia.
- Kryterium 2: moduł ekstremum kąta odchylenia bryły nadwozia  $\psi_C$  [rad] (na rysunku: ekstremum  $\psi_C$ ) w trakcie pierwszej sekundy od wystąpienia zaburzenia.
- Kryterium 3: moduł ekstremum prędkości kątowej odchylenia bryły nadwozia  $d\psi_C/dt$  [rad/s] (na rysunku: ekstremum  $\psi_C$ ) w trakcie pierwszej sekundy od wystąpienia zaburzenia.
- Kryterium 4: moduł ekstremum przyspieszenia poprzecznego środka masy pojazdu  $a_{\eta h}$  [ $m/s^2$ ] (na rysunku: ekstremum  $a_{\eta h}$ ) w trakcie pierwszej sekundy od wystąpienia zaburzenia.
- Kryterium 5: moduł ekstremum momentu na kole kierownicy EMK [Nm] (na rysunku: ekstremum EMK) w trakcie pierwszej sekundy od wystąpienia zaburzenia.
- Kryterium 6: moduł ekstremum sumy sił poprzecznych na kołach przednich  $F_{boczp}$  [N] i tylnych  $F_{boczt}$  [N] (na rysunku: ekstremum  $F_{boczp}$  i  $F_{boczt}$ ) w trakcie pierwszej sekundy od wystąpienia zaburzenia.
- Kryterium 7: moduł ekstremum mocy oporów (sił poprzecznych  $F_{boczp}$  i  $F_{boczt}$ ) na powierzchni płyty przesuwnej:  $P_{boczp}$  i  $P_{boczt}$  [W] (wymagana moc efektywna urządzeń wzbudzających wymuszenie na „płyce dynamicznej”; na rysunku: ekstremum  $P_{boczp}$  i  $P_{boczt}$ ), w trakcie pierwszej sekundy od wystąpienia zaburzenia.
- Kryterium 8: czas kontaktu kół osi zaburzanej z płytą (czyli przebywania kół jezdnych osi zaburzanej na „płyce przesuwnej”) [s]; dla koła lewego / prawego.
- Kryterium 9: czas przebywania kół osi zaburzanej na „płyce przesuwnej”, gdy płyta wykonuje ruch poprzeczny [s]; dla koła lewego / prawego.

W kryteriach 1-7 uwzględniano moduł wartości ekstremalnej w trakcie pierwszej sekundy od wystąpienia zaburzenia. Przyjęto, że w typowym czasie reakcji kierowcy równym 1 s [1] nie może on wykonać żadnych czynności (działań na elementach sterowania pojazdem), które mogłyby zmienić stan ruchu pojazdu. Dopiero w kolejnych sekundach (czego nie przedstawiają wykonane testy symulacyjne) jego reakcje wpływają na ruch pojazdu, co jest podstawą oceny kierującego w przeprowadzanych badaniach, szkoleniach.

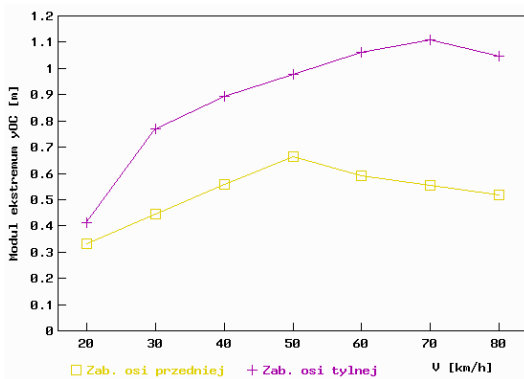
## 5. Wyniki obliczeń prowadzących do wyboru prędkości pojazdu w teście zaburzenia ruchu na „płyce dynamicznej”

Rys. 5, 6 i 7 przedstawiają wyniki obliczeń symulacyjnych wielkości wykorzystywanych w kryteriach 1-9. W kryteriach 1-6 im większy jest moduł badanych wielkości:  $y_{Oc}$ ,  $\psi_C$ ,  $d\psi_C/dt$ ,  $a_{\eta h}$ , EMK,  $F_{boczp}$  i  $F_{boczt}$  tym lepsza jest ocena układu zakłócającego i prędkości ruchu pojazdu. W kryterium 7 im mniejszy jest moduł  $P_{boczp}$  i  $P_{boczt}$  tym mniejsze są wymagania dla układu zakłócającego, jego zespołu napędowego.

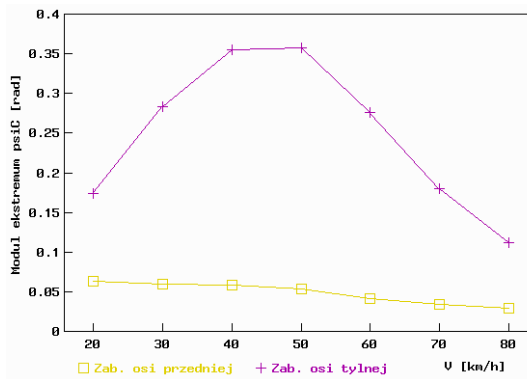
W kryterium 9 istotnym jest aby czas przebywania kół jezdnych osi zaburzanej na „płyce dynamicznej” był zbliżony do czasu przemieszczania się tej płyty. Duże prędkości ruchu

pojazdu zmniejszają ten czas poniżej wartości  $t_{yp}$  (w przypadku badanego rozwiązania „płyty dynamicznej”  $t_{yp}=0,2$  s), gdyż jest on zdeterminowany rozstawem osi jezdnych pojazdu ( $l=2,655$  m).

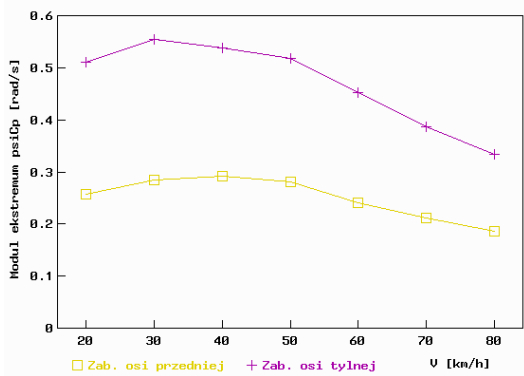
Podobnie jak w przypadku zaprezentowanych przebiegów czasowych dla prędkości pojazdu  $V=60$  km/h (rys. 2, 3 i 4), wyniki przedstawione na rys. 5, 6 i 7 wskazują na duży wpływ zastosowanego zaburzenia na ruch samochodu. Efekt ten jest znacznie większy dla zaburzania ruchu kół jezdnych osi tylnej. Wyjątek stanowi ekstremum momentu na kole kierownicy. Ponadto, dla zaburzania ruchu kół przednich, wymagana moc urządzeń wymuszających „płyty dynamicznej” jest większa, co nie jest korzystne, gdyż wymaga użycia droższych elementów konstrukcyjnych.



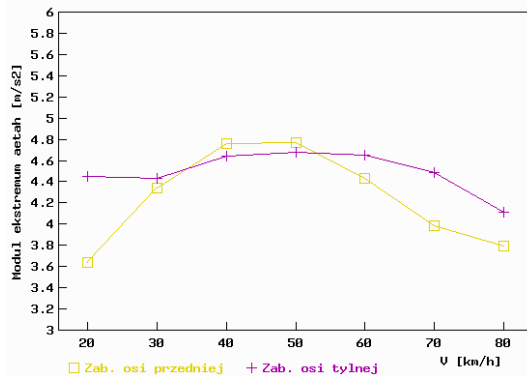
Wykres a)



Wykres b)

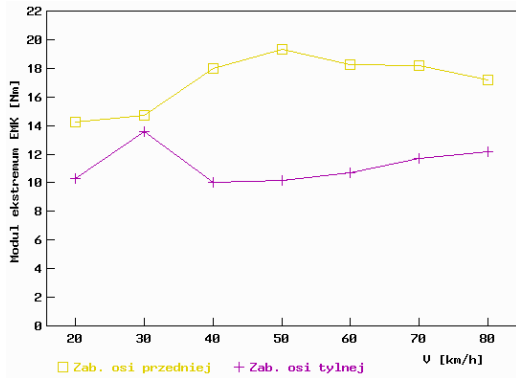


Wykres c)

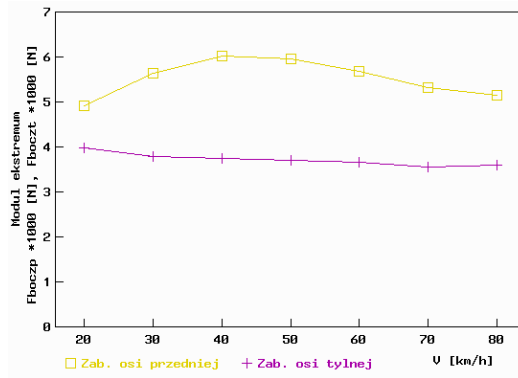


Wykres d)

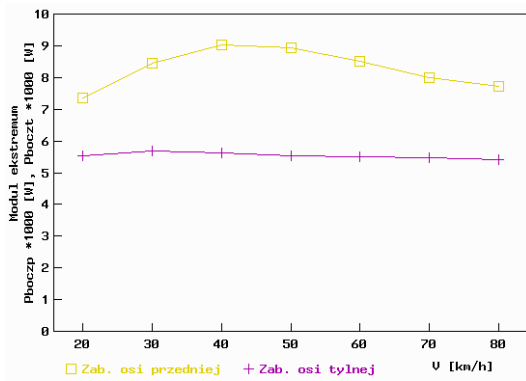
Rys. 5. Wyniki obliczeń symulacyjnych wielkości wykorzystywanych w kryteriach: a – kryterium 1; b – kryterium 2; c – kryterium 3; d – kryterium 4



Wykres a)

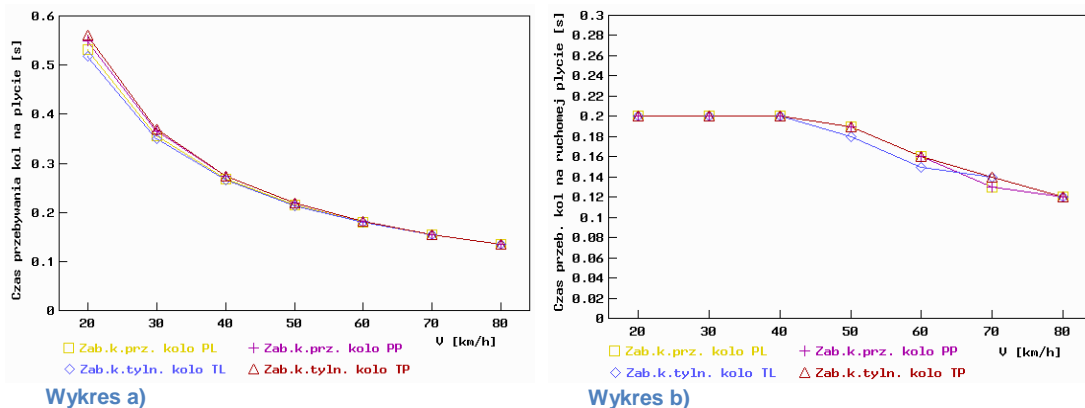


Wykres b)



Wykres c)

Rys. 6. Wyniki obliczeń symulacyjnych wielkości wykorzystywanych w kryteriach: a – kryterium 5; b – kryterium 6; c – kryterium 7



Rys. 7. Wyniki obliczeń symulacyjnych wielkości wykorzystywanych w kryteriach: a – kryterium 8; b – kryterium 9

Obserwując wyniki przedstawione na rys. 5, 6 i 7, wyznaczono preferowane zakresy prędkości ze względu na wymienione kryteria oceny.

Gdy zaburzany jest ruch kół jezdnych przedniej osi to (dla kolejnych kryteriów oceny) są to przedstawione poniżej zakresy prędkości.

Kryterium 1: <40, 80 km/h>.

Kryterium 2: <20, 50 km/h>.

Kryterium 3: <20, 60 km/h>.

Kryterium 4: <40, 60 km/h>.

Kryterium 5: <40, 80 km/h>.

Kryterium 6: <30, 60 km/h>.

Kryterium 7: <30, 60 km/h>.

Kryterium 8: <20, 50 km/h> (gdyż w tym przedziale wielkość kryterialna jest  $\geq 0,2$  s).

Kryterium 9: <20, 40 km/h> (gdyż w tym przedziale wielkość kryterialna jest równa 0,2 s).

Łącząc wymienione oceny, poszukując ich części w jak największym stopniu wspólnej, otrzymano prędkość 40 km/h, gdyż dla niej spełnionych było wszystkich 9 kryteriów. Dla prędkości 50 km/h nie spełnione było tylko jedno kryterium optymalizacji, dlatego też można stwierdzić, że zakres prędkości <40, 50 km/h> prowadzi do bliskich optimum rozwiązań.

Gdy zaburzany jest ruch kół jezdnych tylnej osi to (dla kolejnych kryteriów oceny) są to przedstawione poniżej zakresy prędkości.

Kryterium 1: <50, 80 km/h>.

Kryterium 2: <40, 50 km/h>.

Kryterium 3: <20, 50 km/h>.

Kryterium 4: <40, 60 km/h>.

Kryterium 5: <20, 80 km/h>.

Kryterium 6: <20, 80 km/h>.

Kryterium 7: <20 km/h> plus <50, 80 km/h>.

Kryterium 8: <20, 50 km/h> (gdyż w tym przedziale wielkość kryterialna jest  $\geq 0,2$  s).

Kryterium 9: <20, 40 km/h> (gdyż w tym przedziale wielkość kryterialna jest równa 0,2 s).

Łącząc wymienione oceny, poszukując ich części w jak największym stopniu wspólnej, otrzymano zakres prędkości <40, 50 km/h>, gdyż dla niego co najwyżej dwa kryteria nie są spełnione (kryterium 1 i 7 dla 40 km/h; kryterium 9 dla 50 km/h).

Wyniki tych ocen można także przedstawić w postaci tabelarycznej. Tabele 1 i 2 przedstawiają preferencje osoby oceniającej (tutaj: autora pracy). Stanowią zobrazowanie wyniku procesu poszukiwania zakresów prędkości ruchu pojazdu, spełniających w jak najwyższym stopniu przyjęte kryteria oceny. Liczbę 0 (zero) przypisano wartości prędkości pojazdu, dla której nie uzyskano w danym kryterium zadowalających wartości badanych wielkości, zaś liczbę 1 (jeden) dla wielkości spełniającej oczekiwania osoby oceniającej. W ostatnim rzędzie tabel („ocena”) zsumowano wyniki oceny dla każdego z kryteriów. Najwyższe sumy oceny dotyczą wspomnianych wyżej prędkości 40 i 50 km/h.

**Tabela 1. Tabela preferencji osoby oceniającej (autora pracy) dla przypadku zaburzenia ruchu kół osi przedniej**

Kryterium oceny	Prędkość samochodu w trakcie próby V [km/h]						
	20	30	40	50	60	70	80
<b>1</b>	0	0	1	1	1	1	1
<b>2</b>	1	1	1	1	0	0	0
<b>3</b>	1	1	1	1	1	0	0
<b>4</b>	0	0	1	1	0	0	0
<b>5</b>	0	0	1	1	1	1	1
<b>6</b>	0	1	1	1	1	0	0
<b>7</b>	0	1	1	1	1	0	0
<b>8</b>	1	1	1	1	0	0	0
<b>9</b>	1	1	1	0	0	0	0
<b>Ocena:</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

Tabela 2. Tabela preferencji osoby oceniającej (autora pracy) dla przypadku zaburzenia ruchu kół osi tylnej

Kryterium oceny	Prędkość samochodu w trakcie próby V [km/h]						
	20	30	40	50	60	70	80
1	0	0	0	1	1	1	1
2	0	0	1	1	0	0	0
3	1	1	1	1	0	0	0
4	0	0	1	1	1	0	0
5	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1
7	1	0	0	1	1	1	1
8	1	1	1	1	0	0	0
9	1	1	1	0	0	0	0
<b>Ocena:</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

## 6. Podsumowanie

Testy wykonywane w ośrodkach doskonalenia techniki jazdy, w których przed wjazdem na płytę o obniżonej przyczepności zaburza się ruch pojazdu za pomocą „płyty dynamicznej”, zmuszają kierowcę do wykonania manewrów obronnych. W artykule zaprezentowano wyniki symulacji obrazujące skalę zaburzenia ruchu pojazdu, na które musi zareagować szkolony kierowca. Przedstawiono metodykę i wyniki wyboru prędkości ruchu pojazdu w trakcie testu.

Przeprowadzone symulacje z użyciem zaawansowanego, zweryfikowanego eksperymentalnie modelu matematycznego ruchu samochodu osobowego umożliwiają określenie kluczowych parametrów konstrukcji „płyty dynamicznej”, takich jak wymagana siła wymuszająca zakłócenie ruchu pojazdu i moc efektywna zespołu generującego szarpnięcie płyty a także wyznaczenie optymalnej prędkości ruchu badanego pojazdu w trakcie testu, w zależności od przyjętego kryterium oceny. Oceniane jest zachowanie tylko pojazdu, bez udziału wpływania na nie kierowcy. Wartość użyteczna wyników odnosi się więc do okresu, który odpowiada czasowi reakcji prowadzącego pojazd.

Przedstawione wyniki wskazują, że efekt zastosowanego wymuszenia jest znacznie większy w przypadku zaburzenia ruchu kół jezdnych osi tylnej. Wyjątek stanowi ekstremum momentu na

kole kierownicy. Ponadto, dla zaburzenia ruchu kół przednich, wymagana moc urządzeń wzbudzących wymuszenie „płyty dynamicznej” jest większa, co nie jest korzystne, gdyż wymaga użycia droższych urządzeń stosowanych w jej konstrukcji.

### Informacja

Wykorzystywany w pracy model symulacyjny ruchu samochodu osobowego powstał jako efekt projektu Nr O ROB 0011 01/ID/11/1 *Symulator kierowania pojazdami uprzywilejowanymi podczas działań typowych i ekstremalnych*, dotyczącego budowy symulatora kierowania pojazdami uprzywilejowanymi przez firmę ETC-PZL AI z Warszawy.

The full text of the Article is available in Polish online on the website:  
<http://archiwummotoryzacji.pl>.

Tekst artykułu w polskiej wersji językowej dostępny jest na stronie:  
<http://archiwummotoryzacji.pl>.

### Literatura

- [1] Arczyński S. *Mechanika ruchu samochodu (Mechanics of motion of a motor vehicle)*. Warszawa, WNT, 1993.
- [2] Lozia Z. Modelling and simulation of a disturbance to the motion of a motor vehicle entering a skid pad as used for tests at Driver Improvement Centres. *The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji*. 2015; 69(3): 87-103, 173-188.
- [3] Lozia Z. *Analiza ruchu samochodu dwuosiowego na tle modelowania jego dynamiki. Monografia (Analysis of biaxial car motion based upon dynamic models. A monograph)*. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej – Transport, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej (Publishing House of the Warsaw University of Technology), Warszawa. 41/1998.
- [4] Lozia Z. Modele symulacyjne ruchu i dynamiki dwóch pojazdów uprzywilejowanych (Vehicle dynamics simulation models of two emergency vehicles). *Czasopismo Techniczne. Mechanika / Technical Transactions. Mechanics*, Cracow University of Technology. 2012; 3-M: 19-34.
- [5] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 16 stycznia 2013 r. w sprawie doskonalenia techniki jazdy (Regulation of the Polish Minister of Transport, Construction and Maritime Economy of 16 January 2013 on the improving of driving techniques). *Dz. U. (Journal of Laws of the Republic of Poland)* of 18 Jan. 2013, item 91.
- [6] [http://www.hytronics.at/index.php?option=com\\_content&view=article&id=11&Itemid=52&lang=en](http://www.hytronics.at/index.php?option=com_content&view=article&id=11&Itemid=52&lang=en) [cited 2015 May 15].

- [7] <http://odtj.lublin.pl/osrodek.html> [cited 2015 May 15].
- [8] <http://www.szc-zasada.pl/odtj-bednary/tor-szc> [cited 2015 May 15].
- [9] <http://www.unimetal.pl/pl/diagnostyka/oferta/andere-gerate/plyta-dynamiczna/> [cited 2015 May 15].