

Ryszard Michalski  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
Katedra Budowy Eksploatacji Pojazdów i Maszyn

## MODELOWANIE BEZPIECZEŃSTWA POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono problem bezpieczeństwa pojazdu samochodowego w aspekcie budowy modelu ruchu. Model ten zostanie wykorzystany do potrzeb sygnalizacji zagrożeń bezpieczeństwa pojazdu w ruchu drogowym, podczas wykonywania manewrów.

**Słowa kluczowe:** bezpieczeństwo czynne, model, sterowanie, pojazd samochodowy

### 1. WPROWADZENIE

Bezpieczeństwo ruchu pojazdów samochodowych jest obecnie jednym z najważniejszych problemów motoryzacji. Udział w ruchu drogowym związany jest z ryzykiem uczestniczenia w wypadkach drogowych. Duża liczba ofiar i znaczne straty materialne skłaniają do poszukiwania skutecznych metod poprawy bezpieczeństwa ruchu pojazdów.

Na bezpieczeństwo ruchu samochodu w normalnych warunkach wpływa wiele czynników, do najważniejszych można zaliczyć[3, 4]:

- osiągi i stan techniczny samochodu,
- warunki ruchu ( pogoda, stan drogi, gęstość ruchu, oznakowanie drogi itp.),
- kwalifikacje i predyspozycje kierowcy.

W pracy skupiono się na zagadnieniach związanych z bezpieczeństwem czynnym pojazdów samochodowych. W **bezpieczeństwie czynnym(aktywnym)** uwzględnia się zespół takich cech pojazdu, które umożliwiają kierowcy zmniejszenie ryzyka i prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń drogowych ( w tym wypadków drogowych).

Bezpieczeństwo czynne można podzielić na czynne wewnętrzne i zewnętrzne. Bezpieczeństwo czynne wewnętrzne ma na celu przede wszystkim poprawić samopoczucie i kondycję fizyczną kierowcy a także zapewnić odpowiednie warunki ergonomiczne i widoczność dookoła pojazdu.

Bezpieczeństwo czynne zewnętrzne zapewniają układy mechaniczne, elektromechaniczne, elektryczne i urządzenia, które powinny wspomagać kierowcę w krytycznych sytuacjach drogowych. Podstawowymi elementami bezpieczeństwa czynnego wewnętrznego są:

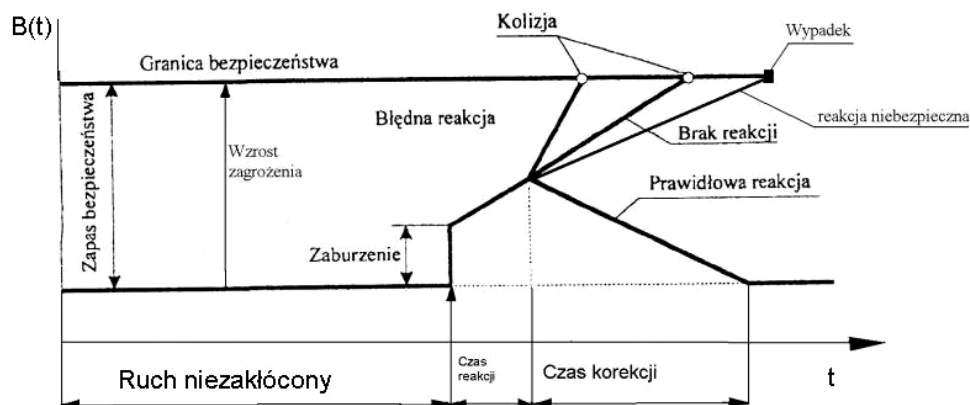
- pole widzenia kierowcy (widoczność na wszystkie strony),
- siedzisko (wygoda i odprężenie),
- lusterko wsteczne (likwidacja martwego punktu),
- klimatyzacja i przewietrzanie,
- sygnalizacja parkowania,
- wielofunkcyjne dźwignie w kierownicy,
- system nawigacji satelitarnej.

Z kolei podstawowymi elementami bezpieczeństwa czynnego zewnętrznego są:

- układ napędowy ,
  - układ zawieszenia,
  - układ hamulcowy,
  - układ kierowniczy,
  - układy mechatroniczne : ABS, ASR, ESP i inne,
  - układ oświetlenia i sygnalizacji,
  - linia i kolor nadwozia
- Dobry stan techniczny pojazdu jest warunkiem koniecznym ale nie wystarczającym do prawidłowego funkcjonowania systemu bezpieczeństwa czynnego[3]. Potrzebne są jeszcze odpowiednie umiejętności i znajomość możliwości działania systemów. Duża liczba urządzeń mechatronicznych w pojeździe powoduje zmniejszenie czujności i niewłaściwe oszacowanie przez kierowcę zapasu bezpieczeństwa w ruchu drogowym, głównie dotyczy to oceny siły przyczepności i granicy manewrowalności pojazdu.

Jak sugerują statystyki wypadków drogowych działania w kierunku zwiększenia bezpieczeństwa czynnego pojazdów i poprawy warunków ruchu mogą mieć tylko znikomy wpływ na zmniejszenie liczby wypadków drogowych w skali rocznej. Dopiero szersze spojrzenie na proces rozwoju wypadków pozwala na dostrzeżenie, że wypadek jest skutkiem nałożenia się na siebie kilku przyczyn uwarunkowanych określoną sytuacją drogową. Część z tych przyczyn leży po stronie pojazdu, drogi i kierowcy. Jednocześnie każda z tych przyczyn w różnym stopniu wpływa na zaistnienie konkretnego wypadku drogowego.

Na rys.1 przedstawiono pewien model poglądowy wpływu sterowania pojazdem na możliwość występowania zdarzeń drogowych. Przyjęto tu założenie, że z każdym udziałem w ruchu drogowym związane jest określone zagrożenie, występujące nawet przy niezakłóconej jeździe.



Rys.1. Schemat poglądowy wpływu sterowania pojazdem na występowanie zdarzeń drogowych [4]

Ogólny poziom zagrożenia w ruchu drogowym można przyjąć jako sumę zagrożeń związanych z poszczególnymi elementami systemu bezpieczeństwa czynnego w postaci scenariusza zdarzeń (rys.1). Przekroczenie poziomu zagrożenia bezpieczeństwa pojazdu, pewnej umownej granicy bezpieczeństwa, prowadzi do wystąpienia wypadku. Wzrost tego zagrożenia może być wynikiem wielu sytuacji drogowych: zmęczenie kierowcy, przeciążenie pojazdu, niezdatność chwilowa jednego z układów bezpieczeństwa, nagła zmiana warunków drogowych, niektóre elementy mogą wystąpić jednocześnie.

Na podstawie przeprowadzonej analizy wypadków drogowych w Polsce można stwierdzić, że [1]:

Główne przyczyny wypadków występujących na drogach jedno jezdniowych dwukierunkowych to:

- niedostosowanie prędkości pojazdu do warunków ruchu (38 %),
- nie udzielenie pierwszeństwa przejazdu (27 %),
- nieprawidłowe zachowanie się wobec pieszego (14 %),
- nieprawidłowe wyprzedzanie (9 %),
- nie zachowanie bezpiecznej odległości między pojazdami (6% ),
- nieprawidłowe wykonanie manewru skrętu (4 % ) .

Główne przyczyny wypadków na prostych odcinkach drogi to:

- niedostosowanie prędkości pojazdu do warunków ruchu (41% ),
- nie udzielenie pierwszeństwa przejazdu (18% ),
- nieprawidłowe zachowanie się wobec pieszego (17 % ),
- nieprawidłowe wyprzedzanie (13 % ),
- nie zachowanie bezpieczeństwa odległości między pojazdami (10 % ) .

Główne przyczyny wypadków na zakrętach to:

- niedostosowanie prędkości pojazdu do warunków ruchu (86 % ),
- jazda po niewłaściwej stronie drogi (5% ),
- nieprawidłowe wyprzedzanie (5 % ),
- nieprawidłowe wymijanie (5 % ) .

Główne przyczyny wypadków na skrzyżowaniach z pierwszeństwem przejazdu to:

- nie udzielenie pierwszeństwa przejazdu (63 % ),
- nieprawidłowe zachowanie się wobec pieszego (24 % ),

-niedostosowanie prędkości pojazdu do warunków ruchu (12 %).

Brak jest tu analizy scenariuszy ruchu pojazdu przy określonych sterowaniach konwencjonalnych (kierowca) i zautomatyzowanych – wspomagających (układy mechatroniczne). Z zestawienia tego wynika, że największy wpływ na przebieg wypadków ma:

- nieodpowiednie sterowanie prędkością pojazdu w określonej sytuacji drogowej,
- niewłaściwe wykonywanie manewrów (wyprzedzanie, wymijanie, hamowanie).

Zatem pomocnym elementem poprawy bezpieczeństwa czynnego może być **model sygnalizacji zagrożeń w ruchu drogowym w początkowej chwili zmiany ruchu pojazdu, co jest celem niniejszego opracowania.**

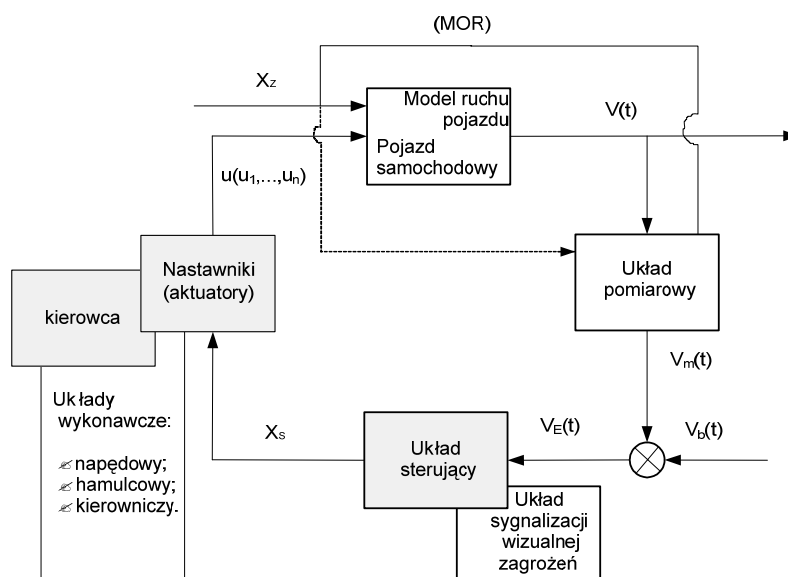
## 2. STEROWANIE PRĘDKOŚCIĄ POJAZDU

O zachowaniu się samochodu w ruchu drogowym decyduje wzajemne oddziaływanie trzech elementów: kierowcy, pojazdu i warunków drogowych [6] (nierówności drogi, zaburzenia – deszcz, śnieg, wiatr, natężenie ruchu, itp.). Badanie sterowania ruchem pojazdu, zależy od budowy modelu ruchu w określonej sytuacji drogowej.

Najważniejszymi parametrami charakteryzującymi ruch pojazdu są:

- prędkość podłużna dla założonego toru jazdy,
- prędkość poprzeczna lub prędkość kąтова.

Na rys.2 przedstawiono schemat strukturalno-funkcjonalny systemu sterowania prędkością samochodu w ruchu drogowym.



Rys.2. Schemat strukturalno-funkcjonalny systemu sterowania prędkością w ruchu drogowym, gdzie :  $u(u_1, u_2, u_3, u_4)$  – sygnały wejściowe sterujące , odpowiednio : pedał gazu i hamulca , wybór odpowiedniego biegu, kąta skreću koła kierownicy;  $X_z$  - parametry zakłócające ( nierówności drogi, wiatr, deszcz, temperatura, natężenie ruchu itp. ),  $V(t)$  – chwilowa prędkość ruchu,  $V_b(t)$  – bezpieczna prędkość pojazdu wyznaczona dla danych **warunków** ruchu w chwili t,  $X_s$  – sygnał sterujący.

Jak wynika z rys.2 zagrożenie bezpieczeństwa ruchu pojazdu w danej sytuacji drogowej powinno być sygnalizowane a priori, by możliwe było podjęcia działania korygujące. Odwzorowanie procesu sterowania pojazdem w ruchu drogowym za pomocą modeli budowanych na bazie liniowej teorii sterowania może być ograniczone do najprostszych układów. Przedstawiony na rys.2 złożony system sterowania ruchem pojazdu wykorzystuje hybrydowe modele sterowania, w których konwencjonalne sterowanie przez kierowcę wspomagane jest układami mechatronicznymi (ABS, ESP itp.) oraz wizualizacją rodzaju zagrożenia przy wykonywaniu określonego manewru ( innowacyjne rozwiązanie). Wymienione na rys.2 parametry i sygnały charakteryzujące proces sterowania pojazdem mogą być ujęte ilościowo i opisane jako przebiegi zdeterminowane lub stochastyczne.

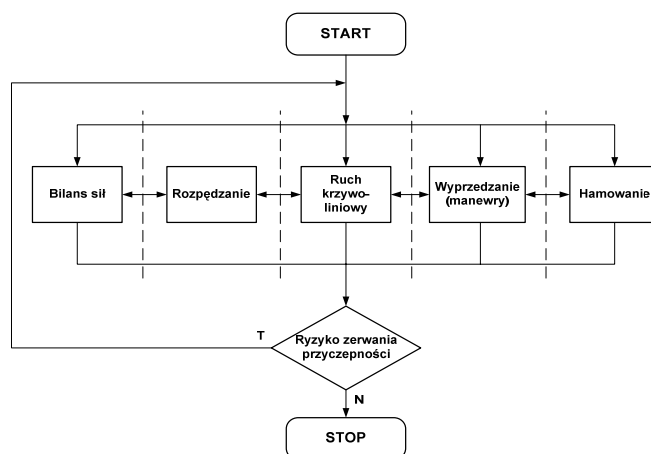
Z kolei zachowanie kierowcy w danej sytuacji drogowej polega na (wg Mitschka)[4]: „Pobranie informacji ( optycznej, zmysłu równowagi, dotykowej) - selekcji informacji – scaleniu informacji i rozpoznawania sytuacji – podjęcia decyzji o wykonaniu manewru i wysłanie sygnału u,,

Obok wymienionych tu informacji do kierowcy docierają informacje werbalne ( znaki drogowe, warunki atmosferyczne, natężenie ruchu, przepisy ruchu drogowego np. ograniczenia prędkości).

Jak z tego zestawienia wynika, tak duża liczba informacji docierająca do kierowcy w chwili t nie jest możliwa do rozumnego przetworzenia i podjęcia racjonalnej decyzji. Zatem celem jest opracowanie decyzji sterujących procesem ruchu pojazdu w postaci sygnalizacji zagrożeń.

### 3. MODEL RUCHU POJAZDU

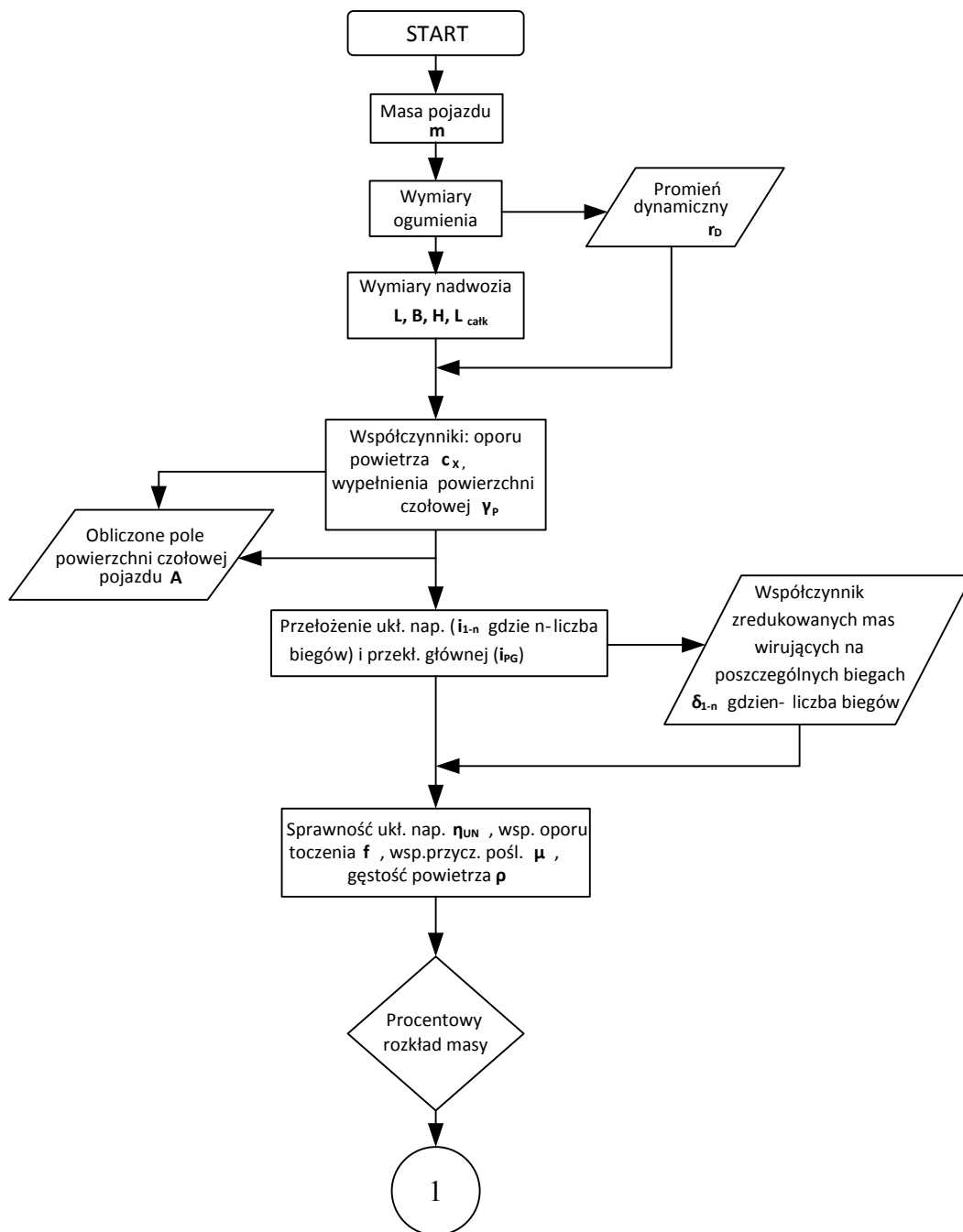
Model ruchu pojazdu powstał w oparciu o analizę bilansu sił i zjawisk fizycznych charakteryzujących jego ruch [5 ]. Na rysunku 3 przedstawiono ogólny schemat blokowy działania modelu symulującego ruch pojazdu w różnych sytuacjach drogowych.

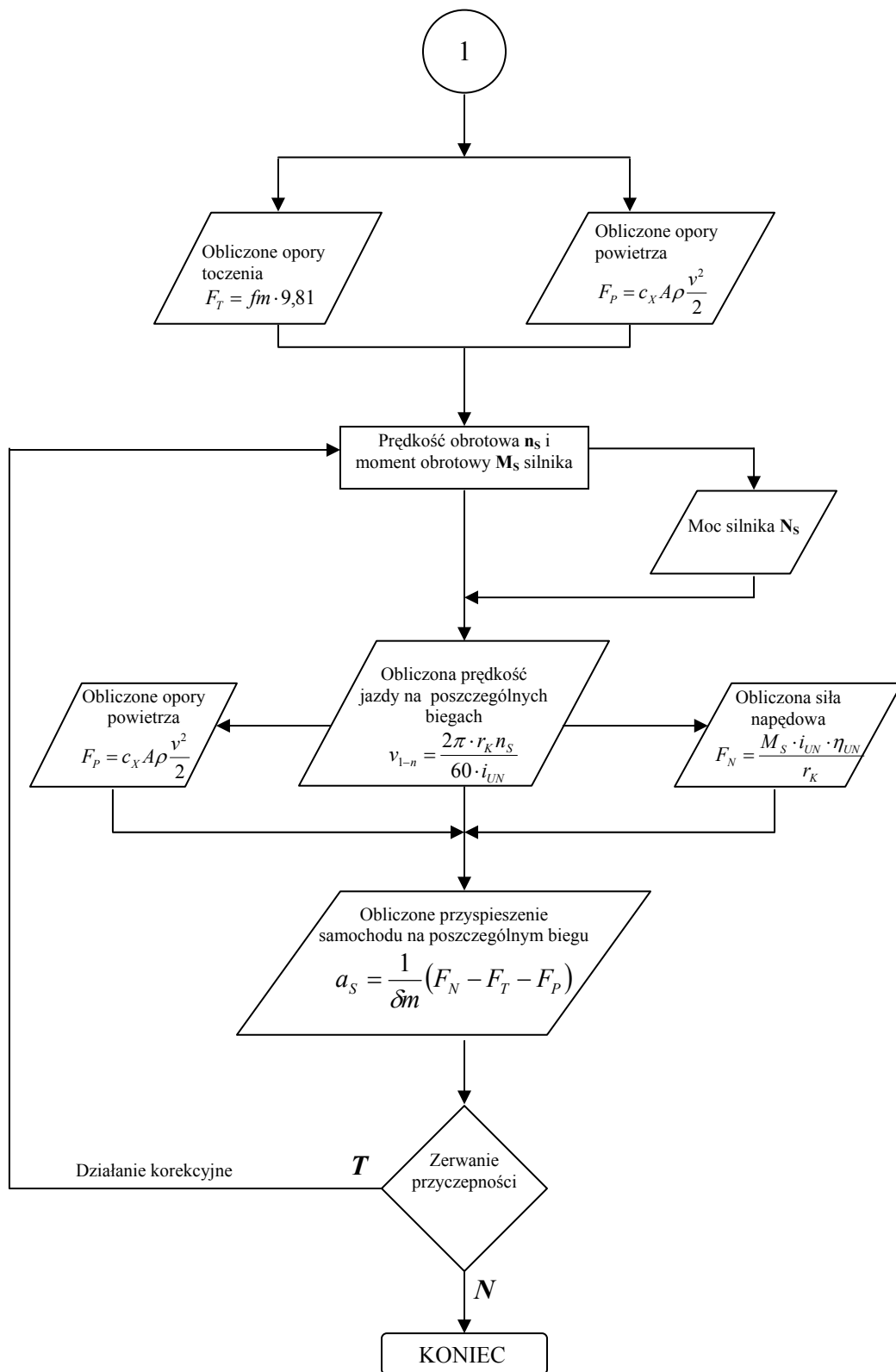


Rys.3. Algorytm działania symulatora ruchu pojazdu, działania korekcyjne:

- zmiana prędkości ruchu (zmiana biegów, hamowanie)
- zmiana kierunku jazdy lub zaniechanie manewru (wyprzedzanie, wymijanie, zatrzymanie)

Na rys. 4 podano algorytm modelu symulujący niektóre właściwości trakcyjne pojazdu. Przedstawiony algorytm pozwala określić właściwości trakcyjne pojazdu. W przypadku zwiększania prędkości obrotowej silnika zwiększa się również moc silnika w wyniku czego może dojść do zerwania przyczepności pomiędzy kołami napędowymi a podłożem. Należy wtedy podjąć działania korekcyjne w postaci zmniejszenia prędkości obrotowej lub zmiany biegu na wyższy.





Rys. 4. Algorytm modelu symulującego niektóre właściwości trakcyjne pojazdu [2]

## 4. PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono problemy sterowania bezpieczeństwem czynnym pojazdu samochodowego w określonych warunkach ruchu drogowego. Podano uwarunkowania budowy systemu bezpieczeństwa czynnego pojazdu. Na podstawie analizy strukturalno-funkcjonalnej systemu sterowania prędkością pojazdu podano koncepcję budowy modelu sygnalizacji zagrożeń podczas ruchu pojazdu. Podstawę do sygnalizacji zagrożeń stanowi model ruchu pojazdu z doborem parametrów sterowania, przy wykonywaniu następujących manewrów: rozpędzanie, hamowanie, wyprzedzanie, omijanie, jazda po łuku.

Z kolei symulacja a priori stanu bezpieczeństwa pojazdu przed wykonywaniem określonych manewrów pozwoli na sygnalizację zagrożeń w określonej sytuacji drogowej.

### Bibliografia

1. Komenda Główna Policji. Wypadki drogowe w Polsce. Wydział Profilaktyki w Ruchu Drogowym KGP, Warszawa.
2. Majk M.: Modelowanie bezpieczeństwa pojazdów samochodowych. Praca magisterska wykonania w KBEPiM UWM Olsztyn pod kierunkiem R. Michalski. Olsztyn 2009r.
3. Michalski R.: Diagnostyka w utrzymaniu pojazdów samochodowych. Diagnostyka 3(47). 2008
4. Michalski R pod red.: Bezpieczeństwo ruchu drogowego na Warmii i Mazurach. Biuletyn WR BRD nr 1, 2003.
5. Siłka W.: Teoria ruchu samochodu. WNT. Warszawa 2002r.
6. Wicher J.: Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa. 2004r.

### MODELLING OF MOTOR VEHICLES SAFETY

**Abstract:** The problem of safety of a car vehicle was introduced in work in aspect of building of the movement model. The model will be used for needs of signaling of safety threats of a vehicle in the road traffic, while executing manoeuvres.

**Keywords:** active safety, model, steering , motor vehicle