

**Marek GUZEK**

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Zakład eksploatacji i Utrzymania Pojazdów  
00-662 Warszawa, ul. Koszykowa 75  
mgu@it.pw.edu.pl

## **SAMOCHODOWE „CZARNE SKRZYNKI” – MOŻLIWOŚCI I OGRANICZENIA W ANALIZIE PRZEBIEGU WYPADKU DROGOWEGO**

### **Streszczenie:**

Jednym z podstawowych zadań rekonstrukcji wypadku jest określenie wartości parametrów ruchu uczestników zdarzenia przed jego wystąpieniem. Na ich podstawie dokonuje się oceny prawidłowości zachowań, a sąd podejmuje decyzję o winie uczestników zdarzenia, bądź jej braku. Jednym z coraz częściej spotykanych narzędzi pomocnych do określenia wspomnianych wartości są urządzenia rejestrujące wybrane parametry ruchu samochodu. Są to tzw. rejestratory ADR lub EDR lub po prostu samochodowe „czarne skrzynki” (urządzenia służące do rekonstrukcji wypadku). Artykuł zawiera przeglądowy materiał dotyczący tego rodzaju urządzeń. Przedstawione zostały podstawowe ich właściwości, przykłady rozwiązań. Opisane są również korzyści i ograniczenia związane z wykorzystaniem takich rejestratorów.

Słowa kluczowe: rekonstrukcja wypadku, samochodowe „czarne skrzynki”, EDR/ADR

### **WPROWADZENIE**

Przy rekonstrukcji wypadków, problemem jest często brak wielu istotnych z jej punktu widzenia informacji o przebiegu zdarzenia. W lotnictwie już od ponad 50 lat używa tzw. „czarnych skrzynek” (FDR – Flight Data Recorder, CVR – Cocpit Voice Recorder), czyli urządzeń, które w sposób ciągły rejestrują szereg wybranych parametrów charakteryzujących lot, stan elementów samolotu, jak również głos, a ostatnio także obraz z kabiny pilotów. Te rejestracje zdecydowanie powiększają zasób informacji o katastrofie, ułatwiają odtworzenie zdarzeń poprzedzających katastrofę. W konsekwencji ustalenie jej przyczyn jest istotnie ułatwione. Przy coraz powszechniej stosowanych układach elektronicznych w pojazdach samochodowych, nie ma technicznych problemów, aby podobne urządzenia znalazły się również w samochodach. Również bez wprowadzania dodatkowych urządzeń, wykorzystując elektroniczne jednostki sterujące układami pojazdu (sterowania silnikiem, układami typu ABS/ESP czy w szczególności układem uruchamiania poduszek powietrznych) można „wydobyć” szereg cennych informacji na temat przebiegu wypadku.

Od kilkunastu lat dostępne są też na rynku motoryzacyjnym urządzenia, które przypominają lotnicze „czarne skrzynki”. Ich zadaniem jest rejestracja wielkości opisujących ruch pojazdu, aktywność kierowcy, a niekiedy także stan otoczenia. Celem jest właśnie ułatwienie rekonstrukcji wypadku. Jeśli będziemy rozpatrywać wypadek w systemie człowiek-pojazd-otoczenie jako sekwencję trzech charakterystycznych faz (sytuacja przedwypadkowa, wypadek/zderzenie, sytuacja powypadkowa) to potencjalne korzyści z wykorzystania takich rejestratorów danych można przedstawić jak na rys. 1.

a) dostępne bezpośrednio informacje bez wykorzystania rejestratorów danych

	człowiek	pojazd	otoczenie
przed wypadkiem		√ ślady	
w trakcie wypadku		√ ślady, zniszczenia	
po wypadku	√ obrażenia	√ ślady, położenie końcowe	√ parametry otoczenia (np. stan drogi, temp., wilgotność)

b) dodatkowe bezpośrednio informacje przy wykorzystaniu rejestratorów danych

	człowiek	pojazd	otoczenie
przed wypadkiem	√ zapięcie pasów bezpieczeństwa, aktywność kierowcy, itp.	√ parametry ruchu pojazdu, stan urządzeń pojazdu	√ parametry otoczenia (np. temperatura, wilgotność, itp.)
w trakcie wypadku	√ przeciążenia	√ parametry zderzenia, aktywacja poduszki powietrznej	√ parametry otoczenia (np. temperatura, wilgotność, itp.)
po wypadku	√ aktywność kierowcy, itp.	√ parametry ruchu pojazdu, stan urządzeń pojazdu	√ parametry otoczenia (np. temperatura, wilgotność, itp.)
automatyczne powiadomienie służb i umiejscowienie wypadku			

Rys. 1. Tzw. macierz Haddona, [1]. Potencjalna znajomość informacji w przypadkach bez (a) i z (b) wykorzystaniem rejestratorów danych wypadkowych. Symbol “√” oznacza znajomość parametrów; puste pole oznacza brak bezpośrednich informacji. W przypadku “b” wpisano tylko dodatkowe informacje w stosunku do “a”

Źródło: opracowanie własne.

## 1. HISTORIA URZĄDZEŃ REJESTRUJĄCYCH W POJAZDACH SAMOCHODOWYCH

Najstarszymi urządzeniami rejestrującymi parametry ruchu pojazdów samochodowych są tachografy. W pierwotnej wersji były to urządzenia mechaniczne, rejestrujące na okrągłej tarczy, przebieg prędkości pojazdu (lub prędkości pojazdu i prędkości obrotowej silnika). Jest ona określana analogicznie jak w przypadku prędkościomierza umieszczonego na desce rozdzielczej. Podstawowy cel stosowania tych urządzeń to poprawa bezpieczeństwa ruchu. Kierowcy pojazdów wyposażonych w urządzenia kontrolujące są mniej skłonni do niebezpiecznych bądź sprzecznych z przepisami ruchu zachowań. Stosowanie tachografów jest regulowane przez akty prawne (obowiązek ich posiadania dotyczy głównie samochodów ciężarowych i autobusów).

Wraz z rozwojem elektroniki pojawiły się tachografy wykorzystujące jej możliwości. Pierwsze elektroniczne tachografy pojawiły się w USA na początku lat 80-tych XX w. Potrafiły one rejestrować dużo szerszą gamę parametrów. Były to jednak parametry przydatne głównie z punktu widzenia oceny zachowań kierowcy oraz wykorzystania pojazdu (oprócz wcześniej wymienionych wielkości rejestrowały czas podróży, postoju, zużycie paliwa, obciążenie, nagłe reakcje kierowcy jak gwałtowne przyspieszanie czy hamowanie itp.). Były to pierwsze urządzenia rejestrujące typu EDR (Event Data Recorder) działające na tzw. poziomie „trip recorder” (rejestrator podróży).

W połowie lat 80-tych zaczęto wprowadzać w samochodach tzw. komputery pokładowe („on-board computers”). Było to związane z pojawieniem się elektronicznych układów sterowania pracą silnika, układów wspomagania kierowcy w bezpiecznym prowadzeniu – układy ABS/ASR/ESP i inne. Liczba niezbędnych do monitorowania i przetwarzania informacji gwałtownie wzrosła. To wymusiło wprowadzenie do samochodu komputerowych systemów rejestracji, akwizycji oraz przetwarzania danych. Kolejnym krokiem było wprowadzenie urządzeń zapamiętujących (rejestrujących) wybrane informacje dotyczące ruchu pojazdu, tzw. urządzeń EDR. Najczęściej jednak urządzenia te koncentrują się na monitorowaniu niezbędnych sygnałów (czasem są one wyświetlane bezpośrednio kierowcy). Rejestrują one, poza typowymi parametrami dla nowoczesnych tachografów, informacje o awariach odnotowanych przez komputery (przydatne w diagnostyce). Obecnie występują pod nazwą EDR I (EDR type I). W drugiej połowie lat 90-tych XXw pojawiły się EDR-y przypominające lotnicze „czarne skrzynki” FDR. Są to urządzenia umożliwiające pełną rekonstrukcję wypadku, w tym relacji czasowo-przestrzennych dotyczących położenia i prędkości pojazdu. Urządzenia funkcjonują pod angielską nazwą ADR (Accident Data Recorder) lub niemiecką UDS (Unfalldatenspeicher). Można też spotkać się z określeniem EDR II (EDR type II) dla tej klasy urządzeń.

Zakres działania „czarnych skrzynek” typu ADR nie jest precyzyjnie określony (w sensie regulacji prawnych). Dość intensywne prace dotyczące EDR toczą się w USA pod auspicjami rządowej agencji NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration). W latach 1998-2001r. pracowała specjalna grupa robocza, która za cel postawiła sobie określenie możliwości oraz zakresu stosowania urządzeń EDR w samochodach. Udział w pracach brali producenci samochodów. Opublikowane raporty z prac grupy [13] mają dość szeroki i ogólny charakter. Sama NHTSA w 2006 roku opublikowała Regulację (49 CFR Part 563, [15]) dotyczącą rejestratorów typu ADR. Obszerny dokument nie nakłada wprawdzie obowiązku wyposażania pojazdów w takie urządzenia, jednak je zaleca. Według ówczesnych prognoz Agencji, w 2010 roku ponad 85% pojazdów będzie wyposażonych w taki rejestrator, a wskaźnik ten będzie w kolejnych latach rosł (dlatego nie stwierdziła potrzeby narzucania takiego obowiązku). W dokumencie są również informacje o minimalnych wymaganiach, co do zakresu działania urządzeń. Mowa jest o co najmniej 15 parametrach dotyczących stanu urządzeń (w szczególności związanych z bezpieczeństwem) pojazdu oraz jego ruchu w krótkim okresie poprzedzającym zdarzenie drogowe (częściowo sprecyzowane to zostanie w rozdziale 3). Dokument narzuca także wymagania co do trwałości rejestracji oraz samego urządzenia. Jednym z istotnych zapisów Regulacji jest wymóg informowania nabywców pojazdów o wyposażeniu ich aut w takie rejestratory (począwszy od 2011 roku). Poruszony jest także problem publicznej dostępności do zapisów (co bardzo ważne z punktu widzenia możliwości ich wykorzystania w rekonstrukcji wypadków). Należy jeszcze wspomnieć o normie IEEE 1616 [11], w której określono wymagania dotyczące „elektronicznych” aspektów urządzeń typu ADR (sposób zapisu, przechowywania, odczytywania danych, itp.).

W Europie, największą aktywność w dziedzinie wykorzystywania ADR wykazują są Niemcy. Tamtejsze organizacje i instytucje jak BASt (Federalny Instytut Badawczy Dróg), DEKRA i inne działające w obszarze badań wypadków domagają się wprowadzenia w szerokim zakresie tych urządzeń (żądania Konferencji Sądów Drogowych dotyczące wprowadzenia obowiązku wyposażania pojazdów w ADR sięgają lat 70-tych). Można tu też wspomnieć o dwóch projektach badawczych zrealizowanych w 2-gim (DRACO), [2] oraz 3-cim (SAMOVAR, [14]) Ramowym Programie UE. W 2006 roku zakończony został projekt VERONICA [16], w którym ogólnie scharakteryzowano możliwości i korzyści ze stosowania systemów rejestrujących przebieg wypadków drogowych.

## 2. PRZYŁADOWE URZĄDZENIA TYPU ADR

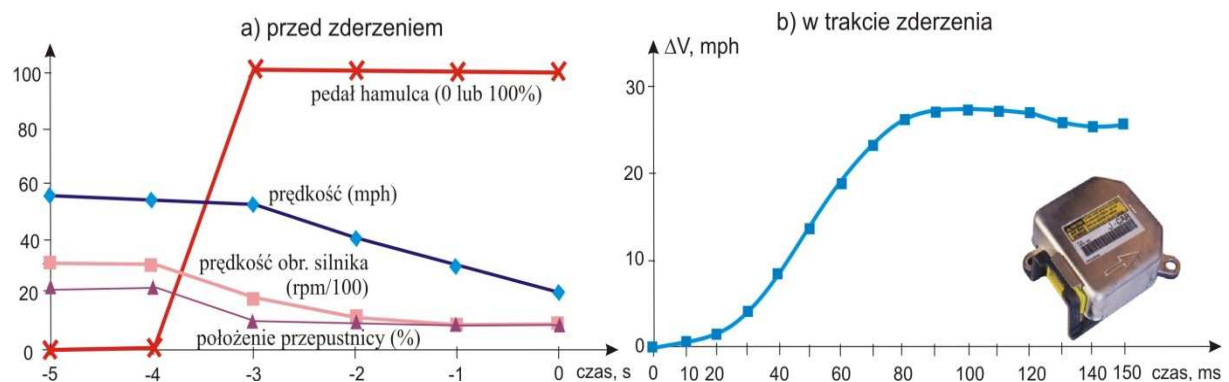
Generalnie, „czarne skrzynki” ADR możemy podzielić na dwie grupy: urządzenia będące „fabrycznym” wyposażeniem pojazdu (OEM) oraz urządzenia oferowane przez producentów niezależnych jako dodatkowe wyposażenie samochodu. W pierwszym przypadku najczęściej wykorzystywana jest standardowa „infrastruktura” pojazdu (czujniki oraz sterowniki zespołów pojazdów). W drugim, na ogół stosowany jest niezależny zestaw czujników z możliwością lub nie korzystania z dostępnych czujników pojazdu poprzez np. system OBD (on-board diagnostics).

Najbardziej znanymi producentami ADR-ów są: Kienzle Argo, IST (Instrumented Sensor Technology), Delphi, Veridian, Vetronix (SDM GM), Vericom, Digitax, Eaton, IWI (Independent Witness), SIS (Safety Intelligence Systems). Niektóre z nich kooperują również z producentami samochodów w zakresie rozwiązań typu OEM.

Obecne urządzenia te cechuje dość duża różnorodność zarówno, jeśli chodzi o liczbę, jak i rodzaj rejestrowanych wielkości, a także częstotliwość i czas rejestracji (wspomniana wcześniej regulacja NHTSA określa minimalny okres rejestracji na 5s, [13, 15]). W konsekwencji również ich cechy funkcjonalne różnią się od siebie. W zakresie rejestracji parametrów opisujących ruch pojazdu, w większości przypadków podstawowymi parametrami rejestrowanymi przez urządzenia są przyspieszenia nadwozia samochodu. Informacje o prędkości czy położeniu uzyskiwane są pośrednio jako efekt przetwarzania (głównie całkowania) w odpowiedni sposób zapisanych przyspieszeń. Poniżej przedstawiono kilka charakterystycznych rozwiązań.

### 2.1 SDM (GM, USA), [1, 13]

SDM (Sensing Diagnostic Module) jest elektronicznym układem sterowania działaniem poduszek powietrznych stosowanym od początku lat 90-tych przez firmę GM. Jego dodatkową funkcją jest wykorzystanie sygnałów z czujników przyspieszenia wzdłużnego także jako informacji o przebiegu wypadku. Układ elektroniczny całkuje przebieg przyspieszenia w trakcie kolizji i zapamiętuje wynik w postaci zmiany prędkości pojazdu  $\Delta V$  z krokiem 10ms. Ponadto, zapamiętuje wybrane informacje z 5 sekund poprzedzających wypadek (z krokiem 1s): prędkość pojazdu (z prędkościomierza), prędkość obrotową silnika, położenie przepustnicy, fakt używania układu hamulcowego pojazdu przez kierowcę, a także informacje o zapięciu pasów bezpieczeństwa (patrz rys. 2). Ponieważ urządzenie nie rejestruje orientacji kątowej pojazdu, nie jest możliwe odtworzenie trajektorii ruchu samochodu.

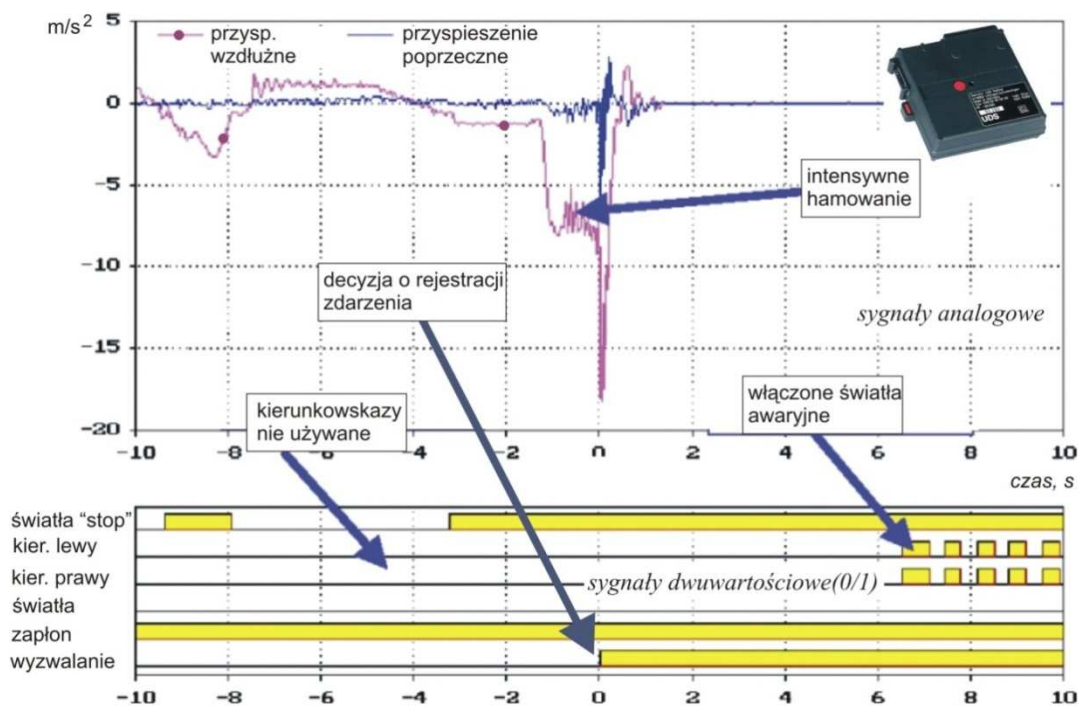


Rys. 2. Przykładowe rejestracje urządzenia SDM, [1, 13]

Źródło: opracowanie własne.

## 2.2 UDS (Kienzle Argo, Niemcy), [8, 13, 16]

UDS (Unfalldatenspeicher) to jeden z produktów, które są urządzeniami specjalnie zaprojektowanymi i wykonanymi do powszechnego użytku w samochodach, bez względu na ich rodzaj. Poza funkcjami tachografu (np. rejestracja prędkości analogicznej do wskazania prędkościomierza) urządzenie rejestruje informacje pochodzące z instalacji elektrycznych pojazdów (np. informacje o prędkości obrotowej kół z czujników systemów typu ABS). Rejestruje ponadto informacje o przyspieszeniach wzdłużnym i poprzecznym oraz kącie odchylenia względem kierunku geograficznego N-S wykorzystując własny zestaw czujników. Urządzenie nie wymaga żadnych działań ze strony kierowcy. Monitoruje odpowiednie wielkości w sposób ciągły, ale rejestruje je dopiero w chwili wypadku, z uwzględnieniem 30 sekund historii przed nim – dzięki przechowywaniu w pamięci wartości monitorowanych wielkości (rejestracja może się też odbyć na życzenie użytkownika). Faza ruchu przed zderzeniem oraz po zderzeniu zapisywana jest z częstotliwością 16 lub 25Hz. Faza samego zderzenia – okres 0,5s od chwili wykrycia tego faktu, rejestrowana jest z częstotliwością 500Hz. Dzięki rejestracji kąta odchylenia, możliwa jest rekonstrukcja trajektorii ruchu pojazdu. Na rys. 3 przedstawiono przykładową rejestrację wypadku.



Rys. 3. Przykładowe rejestracje urządzenia UDS (na podstawie [8])

Źródło: opracowanie własne.

## 2.3 DriveCam (USA), [9, 13]

DriveCam jest jednym z nowszych typów „czarnych skrzynek”. Poza rejestracją parametrów ruchu pojazdu, zapisuje obraz widziany przez przednią szybę pojazdu. Urządzenie wraz z kamerą umieszcza się za lusterkiem wstecznym pojazdu (patrz rys. 4). Monitoruje ono stale parametry jazdy oraz dźwięk i obraz z przedniej części pojazdu. Tak jak w poprzednich przypadkach, zapis aktywowany jest przez przekroczenie progowych wartości przyspieszeń (może być również uruchomiony ręcznie). Urządzenie jest zaprojektowane w ten sposób, by zarejestrować 10 sekund przed i 10 sekund po niespodziewanym wydarzeniu, takim jak wypadek, czy niebezpieczna (gwałtowna) jazda. DriveCam rejestruje więc łącznie 20 sekund kolorowego obrazu i dźwięku oraz wartości opisujących ruch

samochodu: przyspieszenia wzdłużne i poprzeczne oraz dodatkowe dane dwuwartościowe (np. używanie lub nie hamulca pojazdu itp.). Nagranie wydarzenia może zostać odtworzone na kamerze wideo, telewizorze, albo komputerze osobistym.



Rys. 4. „Czarna skrzynka” DriveCam, [9, 13] (widok, miejsce montażu, przykładowy kadr zapisu)  
*Źródło: opracowanie własne.*

#### 2.4 Inne rozwiązania

Jak wspomniano na początku rozdziału, na rynku funkcjonuje wiele rozwiązań proponowanych jako samochodowa „czarna skrzynka” ADR. W sposobie działania różnią się liczbą i rodzajem rejestrowanych wielkości, częstotliwością. Szeroki opis tych urządzeń można znaleźć np. w [6], a także [9]. Warto zaznaczyć o coraz częstszym wykorzystywaniu systemów nawigacji satelitarnej. Służy to przede wszystkim do lokalizacji miejsca wypadku i automatycznego powiadamiania odpowiednich służb o zaistnieniu zdarzenia.

Należy też wspomnieć, że w ograniczonym zakresie funkcję samochodowej „czarnej skrzynki” mogą również spełniać urządzenia standardowo służące celom eksploatacyjnym (tachografy, elektroniczne systemy zarządzania flotą). W tej grupie można także wymienić popularne urządzenia nawigacyjne. Ostatnio pojawiły się także inne urządzenia, w których oferuje się funkcję samochodowej „czarnej skrzynki”. Przykładem są specjalne aplikacje do

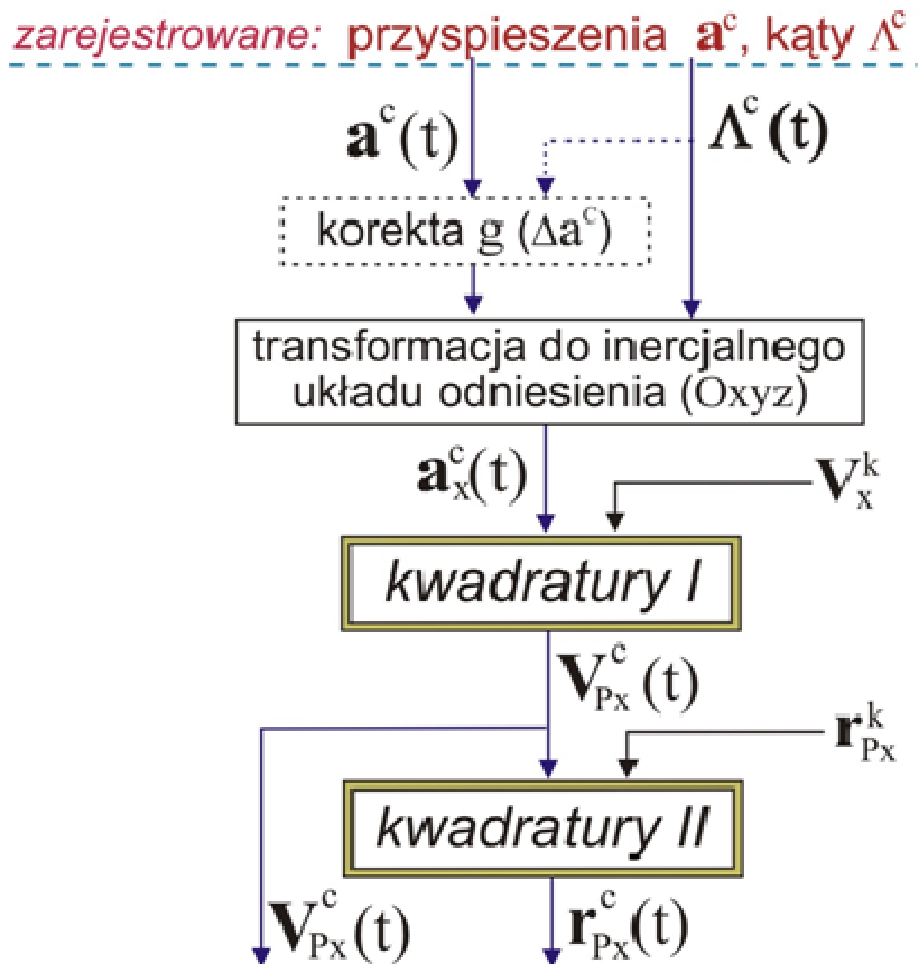
telefonów komórkowych wyposażonych w akcelerometr lub układ akcelerometrów. Po jej uruchomieniu i odpowiednim zamocowaniu telefonu w pojeździe zaczyna on „działać” jak urządzenie typu ADR: w sytuacji przekroczenia określonego poziomu przyspieszenia zapisywany jest obraz wideo, dźwięk a także przebiegi przyspieszeń [10].



### 3. REKONSTRUKCJA RUCHU SAMOCHODU NA PODSTAWIE ZAPISÓW ADR

Jednym z elementów rekonstrukcji wypadku jest odtworzenie relacji czasowo-przestrzennych uczestników zdarzenia. Procesu rekonstrukcji ruchu pojazdu dokonuje się na podstawie analizy zapisów wielkości charakteryzujących ruch bryły nadwozia. Ruch postępowy standardowo rejestrowany jest pod postacią składowych przyspieszenia liniowego (składowe: wzdłużna, poprzeczna, „pionowa”). W zależności od urządzenia rejestrowane są od jednej (np. urządzenie SDM, [1, 13]) do 3 składowych (np. ADR firmy Delphi, [13]). Ruch kulisty opisywany jest poprzez rejestracje kątów położenia nadwozia (kątów odchylenia, przechyłu wzdłużnego, przechyłu bocznego) lub analogicznych prędkości kątowych. W zależności od urządzenia rejestrowanych jest od jednej (np. urządzenie UDS, [8]) do 3 (np. ADR firmy Delphi, [13]) wielkości kątowych. W niektórych rejestratorach wielkości kątowe są pomijane.

Odtworzenie trajektorii ruchu pojazdu oraz jego prędkości odbywa się poprzez odpowiednie całkowanie (kwadratury) przyspieszeń z uwzględnieniem położenia kątowego nadwozia – patrz rys. 5.



$\mathbf{a}$ ,  $\Lambda$ ,  $\mathbf{V}$ ,  $\mathbf{r}$  – wektory składowych (odpowiednio): przyspieszenia, kątów, prędkości, położenia; indeksy oznaczają wartości: c – na podstawie czujników ADR, x – w układzie inercyjnym, P – dla punktu mocowania ADR, k – w chwili końcowej.

Rys. 5. Procedura rekonstrukcji prędkości i trajektorii ruchu

Źródło: opracowanie własne.

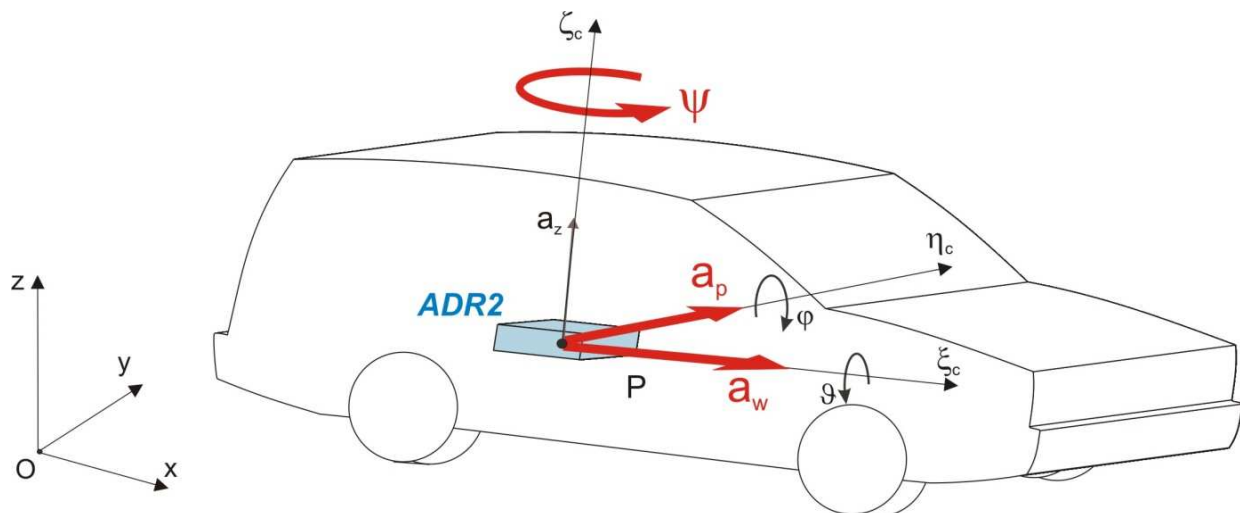
## 4. POTENCJALNE BŁĘDY REKONSTRUKCJI RUCHU SAMOCHODU

Podstawowe zalety wykorzystywania zapisów urządzeń ADR w rekonstrukcji wypadku przedstawiono w rozdziale 1. Uogólniając, najważniejsze to zwiększenie zasobu informacji o przebiegu zdarzenia oraz fakt posługiwania się w analizie zmierzonymi, a nie założonymi przez eksperta wartościami parametrów. W przypadku rekonstrukcji ruchu pojazdu istotne jest też uproszczenie procesu – nie ma potrzeby posługiwania się np. złożonymi modelami symulacyjnymi ruchu i dynamiki pojazdu.

Tym nie mniej należy wskazać kilka źródeł zagrożeń dla poprawności przeprowadzonej rekonstrukcji. Pomijając sytuacje błędnego zadziałania urządzenia (w literaturze, np. [13], opisywane są przypadki zarejestrowania przez ADR kolizji w sytuacjach, kiedy ich nie było lub odwrotnie – braku zadziałania urządzenia przy wystąpieniu kolizji), jego właściwości mogą generować określoną niepewność zrekonstruowanych parametrów ruchu.

Jako główne źródła tej niepewności można wskazać: ogólną koncepcję urządzenia (liczba i rodzaj rejestrowanych wielkości, częstotliwość zapisu itp.), własności aparatury pomiarowo rejestrującej, metodyka przetwarzania zarejestrowanych danych (np. błędy różniczkowania i całkowania). Tematyka wpływu poszczególnych źródeł na niepewność oceny trajektorii ruchu oraz prędkości samochodu była tematem licznych opracowań zespołu z autorem tego artykułu w składzie. Powstały one na podstawie badań symulacyjnych i eksperymentalnych. Przykładowe wyniki można znaleźć np. w [3÷7].

Wyniki wspomnianych prac wskazują, że specyficzne cechy oferowanych rozwiązań w istotny sposób mogą oddziaływać na poprawność rekonstrukcji ruchu. Jedną z najważniejszych jest wspomniana ogólna koncepcja urządzenia. Analizując oferowane ADR-y pod kątem liczby rejestrowanych wielkości opisujących ruch samochodu, można wskazać, że typowym jest rozwiązanie, w którym ruch samochodu traktowany jest jako ruch płaski. Zakłada to zapis trzech wielkości: dwóch składowych przyspieszenia (wzdłużne  $a_w$  i poprzeczne  $a_p$ ) oraz kąta odchylenia  $\psi$  (np. kąta kierunkowego względem północy mierzonego za pomocą kompasu) lub prędkości odchylenia (prędkości kątowej względem osi „pionowej” pojazdu) – patrz rys. 6. Pominięty natomiast jest pomiar i rejestracja pozostałych składowych: przyspieszenia „pionowego”  $a_z$  oraz kątów przechyłu wzdłużnego  $\varphi$  i bocznego  $\vartheta$ . W przypadku takich urządzeń (oznaczonych ADR2) możliwe są znaczące odstępstwa zrekonstruowanych przebiegów prędkości oraz trajektorii ruchu. Poniżej przedstawiony będzie przykład.



Rys. 6. Ilustracja zakresu działania urządzenia typu ADR2:  $a_w$  – przyspieszenie wzdłużne,  $a_p$  – przyspieszenie poprzeczne,  $\psi$  – kąt odchylenia lub prędkość kątowa odchylenia (Oxyz – inercjalny



układ odniesienia, związany z drogą,  $P\xi_c\eta_c\zeta_c$  – nieinercyjny układ związany z pojazdem (osie układu wyznaczają kierunki działania czujników urządzenia)

*Źródło: opracowanie własne.*

Przykład dotyczy manewru jazdy po łuku drogi. Rozważany jest ruch samochodu osobowego (masa około 1550kg). Pojazd jadący z prędkością początkową 100km/h wykonuje manewr skrętu (zadany jest stały kąt obrotu na kole kierownicy). Urządzenie ADR2 umiejscowione jest w okolicy fotela kierowcy. Przyjęto, że częstotliwość rejestracji wynosi 25Hz. Badanie przeprowadzono metodą symulacyjną (opis można znaleźć w [3, 5]), ale za pomocą eksperymentalnie zweryfikowanych modeli dynamiki samochodu oraz urządzenia ADR (patrz np. [7, 12]).

Najpierw przeprowadzono symulację manewru – jego wyniki traktowano jako „dokładne”. Następnie zrekonstruowano go począwszy od chwili i pozycji końcowej. Na rysunku 7 pokazano wybrane przebiegi obu etapów. Rys. 7a przedstawia przebieg przyspieszenia poprzecznego samochodu: wartość „dokładną”  $a_p$ , wartość wskazywaną przez czujnik urządzenia ADR  $a_p^c$  oraz różnicę między nimi  $\Delta a_p^c$ . Ta różnica, która może być traktowana jako błąd wskazania, wynika przede wszystkim ze zmiany kąta przechyłu bocznego nadwozia, którego przebieg jest widoczny na rys. 7b. Czujnik po wpływie tego przechyłu „zaczyna” mierzyć nie tylko rzeczywistą składową przyspieszenia poprzecznego, ale także składową przyspieszenia ziemskiego przypadającą na oś czujnika.

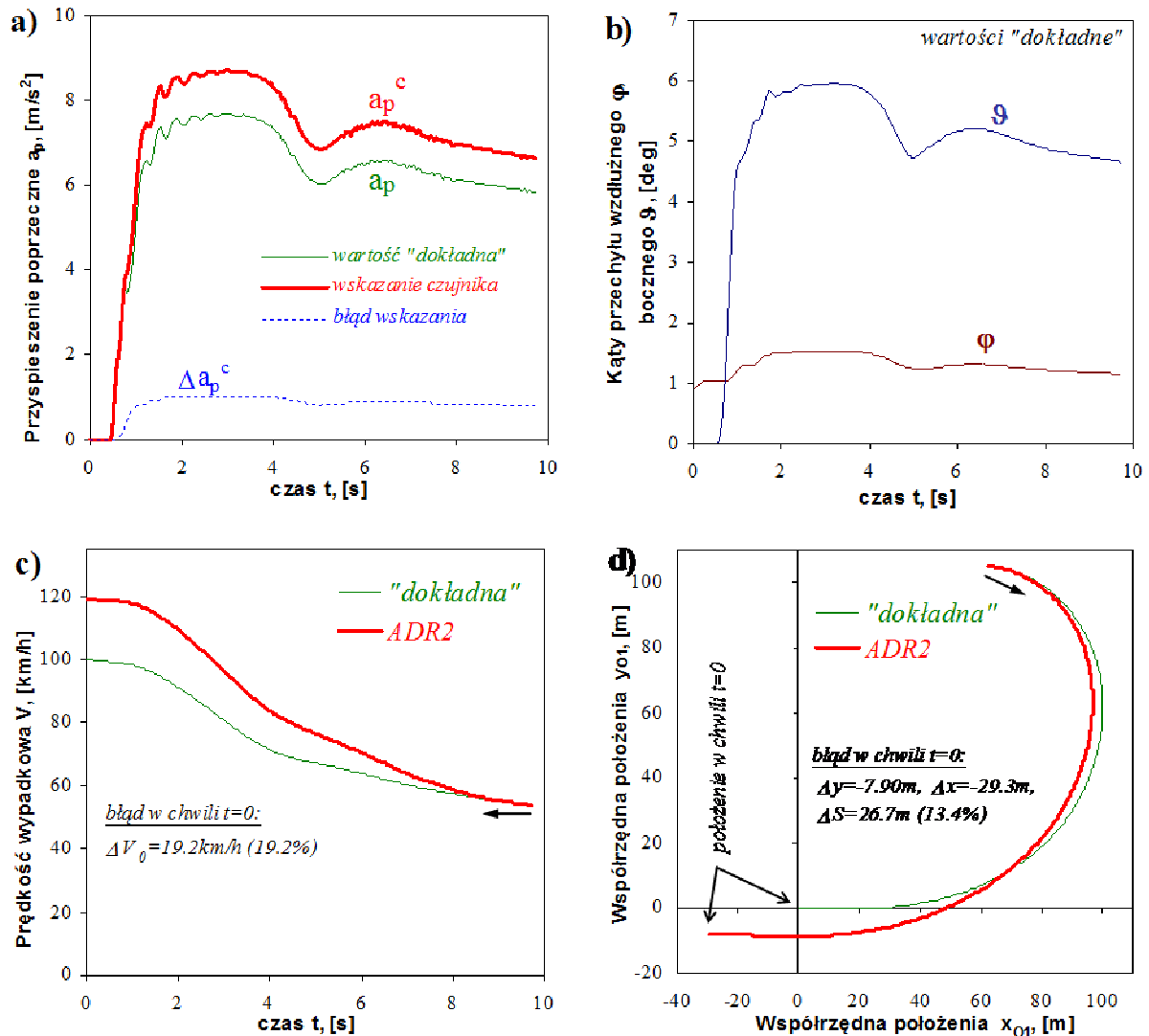
W przypadku urządzenia typu ADR2 nie są znane kąty przechyłu nadwozia. W związku z tym nie jest możliwe skorygowanie („korekta g” na rys. 5) zmierzonych wartości przyspieszenia o wspomniane składowe przyspieszenia ziemskiego. Całkowaniu podlegają przyspieszenia obarczone tym błędem. Skutki w analizowanym manewrze widoczne są na rys. 7c oraz d. Zrekonstruowana prędkość początkowa jest zawyżona o ok. 19%, zaś uzyskane położenie początkowe różni się od „dokładnego” kilkadziesiąt metrów (na wykresie podana dokładne różnice położenia  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  także przebytej w trakcie manewru drogi  $\Delta S$ ).

Powyższy przykład w spektakularny sposób pokazuje, że w przypadku urządzeń typu ADR2 zrekonstruowane wartości parametrów ruchu samochodu mogą uniemożliwić poprawną ocenę zdarzenia. Pomijając źródła wymienione na początku rozdziału, w przypadku urządzeń typu ADR2 na wartość błędów wpływają przede wszystkim cechy determinujące kątowe usytuowanie nadwozia (charakter manewru, czas jego trwania, jego „intensywność”, parametry konstrukcyjne zawieszenia, obciążenie pojazdu). Końcowy błąd może przyjmować różne wartości (także bliskie zera). Ważną informacją jest, że w badaniach dla urządzeń, w których znana jest informacja o położeniu kątowym nadwozia, nie stwierdzano znaczących błędów oceny parametrów ruchu (patrz np. [3÷7]).

## PODSUMOWANIE

W najbliższej przyszłości należy spodziewać się coraz powszechniejszego stosowania urządzeń rejestrujących przeznaczonych do rekonstrukcji wypadków – tzw. „czarnych skrzynek” ADR. Związane jest to z zaletami tych urządzeń oraz coraz niższym kosztem instalacji. Najważniejsze zaleta to wzbogacenie wiedzy zarówno ekspertów zajmujących się rekonstrukcją wypadków jak i konstruktorów pojazdów o przebiegu rzeczywistych zdarzeń. Może to prowadzić do wiarygodniejszych opinii powypadkowych sporządzanych przez biegłych. Producenci natomiast mogą wykorzystać dane do poprawiania swoich produktów pod kątem bezpieczeństwa. Można też wspomnieć o oddziaływaniu „prewencyjnym” - kierowcy są mniej skłonni do ryzykownych zachowań, jeśli mają świadomość, że ich działania są monitorowane.

Wykorzystywanie rejestratorów ADR wiąże się jednak z pewnymi ograniczeniami. Ciągłe trwa dyskusja [13, 15] na temat prawnych aspektów wykorzystywania rejestrowanych danych (w tym też pytanie: kto jest właścicielem zapisów?). Inny problem to zapewnienie możliwości i uprawnień do odczytu danych [15]. W tym artykule poruszono aspekt techniczny: uproszczenia stosowane w samochodowych „czarnych skrzynkach” (w porównaniu np. do rozwiązań lotniczych) mogą w pewnych sytuacjach prowadzić do zafałszowania przebiegu analizowanej sytuacji drogowej. Tu wskazano na wpływ pomijania w urządzeniu informacji o kątach przechyłu nadwozia pojazdu.



Rys. 8. Manewr wejścia w zakręt samochodu osobowego z prędkością ok. 100km/h. Czasowe przebiegi przyspieszenia poprzecznego (a), kątów przechyłu nadwozia (b) oraz zrekonstruowane przebiegi prędkości na podstawie zapisów urządzenia typu ADR2 prędkości (c) i trajektorii środka masy (d).

Źródło: opracowanie własne.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Chidester A., Hinch J., Mercer T., Schultz S.: Recording Automotive Crash Event Data. Proceedings of the NTSB International Symposium on Transportation Recorders. 3-5.05.1999.
- [2] DRACO: Driving Accident Coordinating Observer. Project V1050 of the DRIVE 1 of the EC 2<sup>nd</sup> Framework Programme; 1992-1994.
- [3] Guzek M.: Metody wyznaczania błędów obliczeń w analizie wybranych sytuacji przedwypadkowych w ruchu drogowym. Rozprawa doktorska. Politechnika Warszawska, Wydział Transportu. Warszawa, 2002r.
- [4] Guzek M.: Uncertainty of car motion reconstruction based on records of ADR/EDR type of devices. "Logistyka", Nr 4/2010 Lipiec - Sierpień, ILiM, Poznań 2010, Artykuł na CD.
- [5] Guzek M., Lozia Z.: Possible Errors occurring during Accident Reconstruction based on Car "Black Box" Records. SAE TP 2002-01-0549 (także SAE SP-1666 "Accident Reconstruction 2002" oraz SAE Transaction 2002, Section 6, Vol. 111, pp. 677÷696).
- [6] Guzek M., Lozia Z.: Przykłady zastosowań samochodowych „czarnych skrzynek” w rekonstrukcji wypadków drogowych. Prace Naukowe „Transport”. Zeszyt 63, str. 93-100.
- [7] Guzek M., Lozia Z., Pieniążek W.: Accident Reconstruction Based on EDR Records – Simulation and Experimental Study. SAE TP 2007- 01-0729. (także w SAE SP-2063 "Accident Reconstruction 2007," pp. 137-148)
- [8] [http://www.kienzle-argo.de/p\\_fe\\_fahrdatenspeicher.html](http://www.kienzle-argo.de/p_fe_fahrdatenspeicher.html)
- [9] <http://www.drivecam.com/>
- [10] <http://www.21pixel.com/icarblackbox/>
- [11] IEEE 1616-2004 - IEEE Standard for Motor Vehicle Event Data Recorder (MVEDR). IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2004. [online]: <<http://standards.ieee.org>>
- [12] Lozia Z.: Analiza ruchu samochodu dwuosioowego na tle modelowania jego dynamiki. Monografia. Zeszyty Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport, z. 41, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1998r..
- [13] NHTSA, Event Data Recorder (EDR) Research Applications of Articles, Products and Research [online]: <<http://www.nhtsa.gov/EDR>> [dostęp 23 marca 2011]
- [14] SAMOVAR: Safety Assesment Monitoring On-Vehicle with Automatic Recording. Project V2007 of the DRIVE 2 of the EC 3<sup>rd</sup> Framework Programme; 1992-1994.
- [15] U. S. Department Of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration: Event Data Recorders. 49 CFR Part 563, Docket No. NHTSA-2004-18029 [online]: <<http://www.nhtsa.gov/Laws+&+Regulations/Other+Equipment>> [dostęp 24 marca 2011]
- [16] VERONICA: Vehicle Event Recording based on Intelligent Crash Assessment. Project Final Report (Agreement Number: TREN-04-ST-S07.39597). European Commission. Directorate General for Energy and Transport. December 2006, [online]: <<http://www.siemensvdo.com>>

### **CAR 'BLACK BOXES' – POSSIBILITIES AND LIMITATIONS IN ROAD ACCIDENT RECONSTRUCTION ANALYSIS**

**Abstract:**

One of the primary tasks of accident reconstruction is to determine the values of the event participants motion parameters prior to its occurrence. The correctness of their behaviors is assessed on their basis, and then the court makes its decision whether the event participants are guilty or innocent. One of the more frequently encountered tools, which are useful to determine the values of the aforementioned parameters, are the devices recording some selected parameters of vehicle motion. They are so called ADR or EDR recorders, or just the car 'black boxes' (devices used for accident reconstruction). The paper includes an overview material related to that type of devices. Their primary properties, exemplary solutions are presented as well. Also, the benefits and limitations associated with use of such recorders are presented.

Key words: accident reconstruction, car „black boxes”, EDR/ADR