

# WYBRANE ZAGADNIENIA MONITOROWANIA POJAZDÓW NA PRZYKŁADZIE SYSTEMU „e-Call”

BOGUSŁAW PIJANOWSKI<sup>1</sup>, DARIUSZ ŻARDECKI<sup>2</sup>

Przemysłowy Instytut Motoryzacji, Wojskowa Akademia Techniczna

## Streszczenie

Artykuł poświęcony jest zagadnieniom monitorowania pojazdów drogowych, zwłaszcza samochodów „inteligentnych” wyposażonych w system e-Call (system bezpieczeństwa z funkcją automatycznego powiadamiania o wypadku). Po wprowadzeniu w problematykę monitoringu pojazdów oraz przedstawieniu w zarysie koncepcji systemu e-Call wraz ze specyfikacją ważniejszych dokumentów i projektów norm międzynarodowych i krajowych (w szczególności dotyczące tzw. minimalnego zbioru danych MSD), artykuł koncentruje się na sposobach zautomatyzowania identyfikacji i oceny skutków wypadków, w których występuje zderzenie pojazdu. Rozważane są tu dwie metody odnoszące się do funkcji życiowych kierowcy lub pasażera: metoda bazująca na sygnałach z czujników opóźnień, oraz metoda wykorzystująca sygnały z czujników tętna, a także obraz z kamery. Analizowane są możliwości zastosowania wskaźnika HIC (ang. Head Injury Criterion) poprzez skorelowanie jego wartości z wartościami wskaźnika biomedycznego AIS (ang. Abbreviated Injury Scale) określającego w sposób liczbowy stopień ciężkości urazów. Przytoczone są wyniki badań zderzeniowych, jakie przeprowadzono w Przemysłowym Instytucie Motoryzacji z wykorzystaniem zarówno katapulty, jak i symulacji komputerowej. Badania te dotyczyły samochodu osobowego Suzuki Swift.

**Słowa kluczowe:** Inteligentne systemy transportowe, samochód inteligentny, samochodowy system bezpieczeństwa, e-call, normy, pakiet MSD, identyfikacja i ocena wypadków, wyniki crash testu

## 1. Wstęp

Z chwilą powstania telefonii komórkowej GSM (ang. *Global System for Mobile Communication*) i włączenia jej do systemu łączności satelitarnej, otworzyły się techniczne możliwości nieograniczonego terytorialnie monitorowania obiektów stacjonarnych. Upowszechnienie systemu pozycjonowania GPS (ang. *Global Positioning System*) pozwoliło na rozszerzenie tych możliwości na obiekty ruchome, w tym zwłaszcza na pojazdy drogowe.

Systemy monitorowania pojazdów oparte są o specjalizowane stacje monitorowania, które gromadzą na bieżąco i całodobowo dane o pojazdach pozyskiwane na zasadzie

<sup>1</sup> Przemysłowy Instytut Motoryzacji (PIMOT), ul. Jagiellońska 55, 03-301 Warszawa, e-mail: b.pijanowski@pimot.org.pl, tel. 22 777 70 15

<sup>2</sup> Wojskowa Akademia Techniczna (WAT), Wydział Mechaniczny, ul. Gen.S.Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, e-mail: dzardecki@wat.edu.pl

telemetrycznej. Wymienić tu można systemy ochrony samochodów przed kradzieżą, czy też systemy nadzoru flotowego (te ostatnie wzbogacone o funkcje odczytu on-line wybranych informacji dotyczących parametrów ruchu, postojów, zużycia paliwa, masy ładunku itp.). Systemy monitorowania stosowane są nie tylko w odniesieniu do pojazdów drogowych, ale również i do maszyn roboczych, które często pozostają przez długi czas na placach robót.

W systemy monitorowania pojazdów drogowych w szczególny sposób wpisują się samochodowe systemy bezpieczeństwa (SSB) [7], [9.4] z funkcją automatycznego powiadamiania o wypadku drogowym - systemy e-Call (ang. *Emergency Call*).

Statystyki podają, że na drogach Unii Europejskiej w skali roku dochodzi do ok. 1,3 mln wypadków, w których śmierć ponosi ok. 43 000 osób, a ok. 1,7 mln osób odnosi obrażenia [1]. Szacuje się, że dzięki powszechnemu zastosowaniu systemów e-Call w pojazdach osiągnięte się poważne korzyści:

- społeczne (mniej zdarzeń ze skutkami śmiertelnymi z powodu braku natychmiastowej pomocy, zwiększenie bezpieczeństwa ruchu po zajściu zdarzenia dzięki szybszemu zabezpieczeniu miejsca wypadku – jako że skrócony zostanie czas reakcji służb ratunkowych na zgłoszenie o ok. 40-50 %,
- ekonomiczne (dzięki zmniejszeniu o ok. 15% szkód ponoszonych w wyniku zdarzeń drogowych, do których zalicza się m.in. koszty: leczenia, zwolnień lekarskich, odszkodowań, postępowań administracyjnych, cywilnych i karnych, napraw itd.).

Nic więc dziwnego, że inicjatywa wprowadzenia systemu działającego samoczynnie po zajściu zdarzenia drogowego o określonej uciążliwości spotkała się z poparciem szeregu instytucji w Unii Europejskiej. Do tej pory 15 państw członkowskich UE podpisało „memorandum e-Call”: Austria, Cypr, Czechy, Estonia, Finlandia, Niemcy, Grecja, Włochy, Litwa, Portugalia, Słowacja, Słowenia, Hiszpania, Holandia i Szwecja i trzy kraje spoza UE: Islandia, Norwegia i Szwajcaria. Inne państwa członkowskie – Belgia, Bułgaria, Węgry, Luksemburg, Rumunia i Polska wyraziły swoje poparcie dla tej inicjatywy i wolę podpisania protokołu ustaleń. Przewiduje się wdrożenie tego systemu na terenie UE w latach 2014-15, zaś upowszechnienie w przeciągu następnych kilkunastu lat. GSM Europe, stowarzyszenie reprezentujące europejskich operatorów telefonii komórkowej, utworzyło grupę roboczą do opracowania strategii wdrożenia systemu e-Call w Europie.

Z punktu widzenia operatorów sieci telekomunikacyjnych usługa w systemie e-Call jest specyficznym rozwinięciem stosowanego powszechnie w UE usługi „telefonii alarmowej” z numeru alarmowego „112” z funkcją lokalizacji użytkownika, znanej pod symbolem „E112”. Istotnym rozwinięciem systemu e-Call w stosunku do E112 jest bardziej kompleksowa specyfikacja danych przesyłanych w sposób automatyczny do centrum monitoringu, umożliwiająca nie tylko stwierdzenie faktu zajścia wypadku, ale i jego skali. Jest to możliwe, dzięki licznym czujnikom, które już dziś kreują tzw. „inteligentny pojazd”. System e-Call wpisuje się w koncepcję *Inteligentnych Systemów Transportowych* (ITS) [9.1].

Celem niniejszej pracy jest przybliżenie problematyki samochodowych systemów bezpieczeństwa z funkcją e-Call, a zwłaszcza wybranych zagadnień dotyczących norm

przedmiotowych oraz metod oceny skutków zderzenia służących automatyzacji powiadomienia o wypadku.

Z uwagi na ograniczenia edycyjne wydzielony przegląd literaturowy został zastąpiony bieżącymi odwołaniami do publikacji.

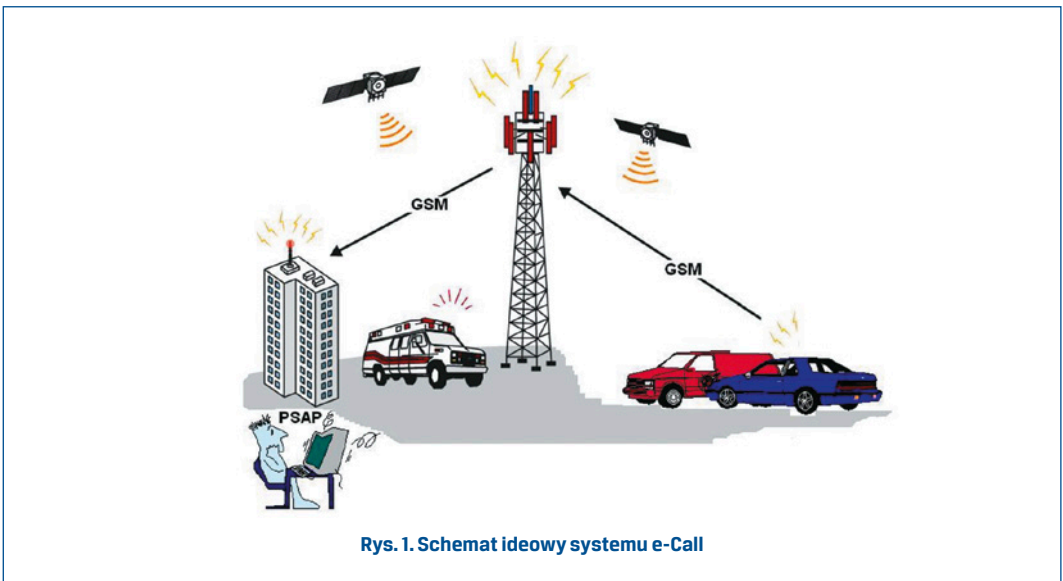
Niniejsza praca została zrealizowana w ramach projektu badawczego N N509 573239 pt.: „Opracowanie i badania samochodowego systemu bezpieczeństwa w ramach struktury „inteligentnego samochodu”” finansowanego przez NCBiR.

## 2. Koncepcja i normy dotyczące systemu e-Call

Zgodnie z Komunikatem Komisji Wspólnoty Europejskiej do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, założenia systemu e-Call przedstawiają się następująco [2]:

- Po zajściu wypadku drogowego, na podstawie informacji zebranych z czujników rozmieszczonych w pojeździe, następuje połączenie telefoniczne z centrum monitoringu w celu uzyskania pomocy;
- Zakodowane w systemie parametry zdarzenia odczytane, jako wypadek, mają wpływ na aktywację połączenia telefonicznego z numerem alarmowym 112;
- Jest to połączenie umożliwiające jednoczesne wygenerowanie do sieci telefonicznej automatycznego komunikatu alarmowego i ustanowienie połączenia głosowego;
- Automatyczny komunikat alarmowy składa się z tzw. minimalnego zestawu danych MSD (ang. *Minimum Set of Data*) – w postaci SMS, zawierającego najważniejsze informacje dotyczące wypadku, takie jak: czas, lokalizacja wypadku i kierunek jazdy (wynikające z dokładnych danych satelitarnych), identyfikator pojazdu VIN (ang. *Vehicle Identification Number*), a także informacje dodatkowe (pochodzące z czujników zainstalowanych w pojeździe);
- Połączenie głosowe e-Call można również aktywować ręcznie;
- Operator sieci komórkowej MNO (ang. *Mobile Network Operator*) jest w stanie rozróżnić „zwykle” połączenie z numerem telefonicznym 112 od wygenerowanego przez automatycznie działający moduł komunikacyjny zamontowany w pojeździe na podstawie tzw. „flagi e-Call”;
- Operator sieci kieruje połączenie do punktu odpowiedzialnego za bezpieczeństwo publiczne PSAP (ang. *Public Safety Answering Point*);
- Operatorzy telefonii komórkowej powinni obsługiwać zgłoszenia e-Call w taki sam sposób, jak obsługują połączenia z numerem alarmowym 112. Muszą aktywować „znamiennik e-Call” w swoich sieciach, dzięki czemu można odróżnić zgłoszenie e-Call i skierować je do najbardziej właściwego PSAP wskazanego przez władze krajowe;

- Do PSAP trafia zarówno połączenia głosowe jak i SMS;
- Informacje dostarczone w zestawie danych MSD są dekodowane i wyświetlane na ekranie operatora PSAP (lokalizacja i kierunek jazdy pojazdu mogą być wyświetlane w systemie informacji geograficznej);
- Operator PSAP będzie mógł usłyszeć, co dzieje się w pojeździe, rozmawiać z pasażerami pojazdu (możliwość pozyskania informacji podczas rozmowy powinna mieć wpływ na pomoc w ustaleniu, które ze służb ratowniczych są potrzebne na miejscu wypadku – pogotowie, straż pożarna, policja- i w szybkim przekazaniu zgłoszenia oraz wszystkich istotnych informacji odpowiednim służbom). Ponadto operator PSAP będzie mógł natychmiast poinformować centra zarządzania ruchem, że wypadek miał miejsce w określonym miejscu i istnieje tam potrzeba wyznaczenia objazdów.



Dokumenty normalizacyjne i projekty norm związane z systemem e-Call [9.1], [9.3]:

1. **PN-EN ISO 24978:2010** Systemy inteligentne w transporcie – Systemowe informacje bezpieczeństwa i komunikaty alarmowe przekazywane w każdym dostępnym radiowych środkach masowego przekazu – Procedury rejestrowania danych;
2. **PN-EN 15722:2011** Transport drogowy i telematka ruchu – e-Bezpieczeństwo – e-Call – Minimalne bazy danych;
3. **FprEN 16072** Inteligentne systemy transportowe – e-Bezpieczeństwo – Paneuropejskie wymagania eksploatacyjne e-Call;
4. **FprEN 16102:2011**: Inteligentne systemy transportowe – e-Call – Wymagania eksploatacyjne dotyczące usługi dostarczanej przez trzecią stronę;

5. **FprEN 16062:2011**: Inteligentne systemy transportu – Program e-Safety – Protokoły zastosowań wysokiego poziomu dla systemu e-Call.

Najważniejszym z punktu widzenia logiki funkcjonowania systemu e-Call jest specyfikacja minimalnego zbioru danych MSD. Jest to określone w normach, m.in. w PN-EN 15722:2011 [3].

Zbiór MSD zawiera bloki zakodowanej informacji (w tym pola obowiązkowe oznaczane jako M oraz pola opcjonalne oznaczane jako O):

Blok 1 (M) – ID (wersja formatu MSD);

Blok 2 (M) – identyfikator wiadomości (zlicza wiadomości wysyłane w transmisji, począwszy od numeru 1);

Blok 3 (M) – dotyczy kontroli:

- rodzaju aktywacji (1- automatyczna, 0 - ręczna),
- typu połączenia (1- połączenie testowe, 0 - połączenie awaryjne),
- wiarygodności pozycji (1- niska, 0 - można zaufać),
- kodów typu pojazdu (kategorii pojazdu) (0001-kat. M1, 0010-kat. M2, 0011- kat. M3, 0100 - kat. N1, 0101 - kat. N2, 0110 - kat. N3, 0111- kat. L1e, 1000 - kat. L2e, 1001-kat. L3e, 1010 - kat. L4e, 1011- kat. L5e, 1100 - kat. L6e, 1101 - kat. L7e). Kategorie pojazdów określone są w dyrektywie ramowej: 2007/46/WE, a kategoria L w dyr. 2002/24/WE;

Blok 4 (M) – dotyczy identyfikacji pojazdu. Określa się w nim VIN pojazdu zgodnie z normą ISO 3779,

Blok 5 (M) – określa rodzaj magazynowanej energii (paliwa) w pojeździe (wodór, energia elektryczna, gdy ma wartość napięcia i pojemności większą niż 42V i 100Ah, LPG, CNG, ON, E),

Blok 6 (M) – określa przedział czasu (liczony w sekundach) od 1 stycznia 1970 r. do chwili zdarzenia,

Blok 7 (M) – określa pozycję geograficzną pojazdu (wg normy ISO 6709),

Blok 8 (M) – określa kierunek jazdy samochodu z dokładnością do 2° względem kierunku północnego,

Blok 9 (O) – określa ostatnią lokalizację pojazdu n-1 względem aktualnej pozycji określonej w bloku 7,

Blok 10 (O) – określa ostatnią lokalizację pojazdu n-2 względem ostatniej pozycji określonej w bloku 9,

Blok 11 (O) – określa liczbę pasażerów na podstawie zapiętych pasów bezpieczeństwa,

Blok 12 (O) – dane dodatkowe.

Zwraca się uwagę, iż w systemie e-Call dopuszczone jest stosowanie dodatkowej

informacji przekazywanej w ramach pakietu MSD. W pracy autorów [10] przedstawiono koncepcję tworzenia takiej informacji z wykorzystaniem czujników pokładowych oraz specjalnych koderów określających za pomocą wskaźników rodzaj i kategorię wypadku.

### 3. Ocena skutków zderzenia w odniesieniu do pasażerów na podstawie danych z czujników opóźnień

Ocena skutków typowego wypadku, w którym dochodzi do zderzenia pojazdu z przeszkodą stanowi podstawę do uruchamiania (bądź nie) systemu e-Call. Ocena taka musi być przeprowadzona w sposób automatyczny w pojeździe wyposażonym w czujniki opóźnień. Jawi się tu oczywiste pytanie, jak skorelować wartości sygnałów z czujników opóźnień ze wskaźnikami biomedycznymi, które charakteryzują ciężkość wypadku?

W celu wyznaczenia korelacji pomiędzy sygnałami opóźnień, a wskaźnikami biomedycznymi, w Przemysłowym Instytucie Motoryzacji wykonano szereg testów zderzeniowych i obliczeń symulacyjnych, których wyniki odniesiono dalej do wskaźników biomedycznych.

#### Testy zderzeniowe:

Badania dotyczyły samochodu Suzuki Swift [6] uderzającego w przeszkodę stałą. Testy stanowiskowe [9.2.] posłużyły nie tylko do rejestracji sygnałów opóźnień w punktach nadwozia i w manekinie, ale również do wyznaczenia współczynnika sztywności nadwozia (wyznaczony współczynnik sztywności jest niezbędny do zbudowania modelu samochodu w programie symulacyjnym [5]). Za pomocą modelu wykonano szereg symulacji zderzeń od 80 km/h do poziomu prędkości, przy której pasażerowie mogą jeszcze doznać urazów. Jako parametr oceny powstania obrażeń przyjęto znany wskaźnik HIC (ang. *Head Injury Criterion*).

Obrażenia głowy uznawane są za najbardziej niebezpieczne urazy, jakie mogą wystąpić podczas wypadku. Podstawowym parametrem biomechanicznym w ocenie urazów głowy jest opóźnienie, jakie działa na ciało człowieka podczas zderzenia. Najczęstsze obrażenia głowy są wynikiem uderzenia w elementy wyposażenia wnętrza lub oparcia poprzedzających foteli. Najcięższe urazy głowy to obrażenia wewnętrzne. Są to najczęściej bardzo ciężkie kontuzje, niewidoczne z zewnątrz. Ich rozległość i w efekcie ciężkość zależy m.in. od siły uderzenia oraz wieku poszkodowanej osoby. Próba ilościowej oceny obrażeń głowy jest kryterium oparte na wskaźniku HIC:

$$HIC = \max \left[ \frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]^{2,5} (t_2 - t_1)$$

$a(t)$  - opóźnienie środka masy głowy [g] (g - przyspieszenie ziemskie)

$(t_2 - t_1)$  - przedział czasu, w którym działa opóźnienie [s];

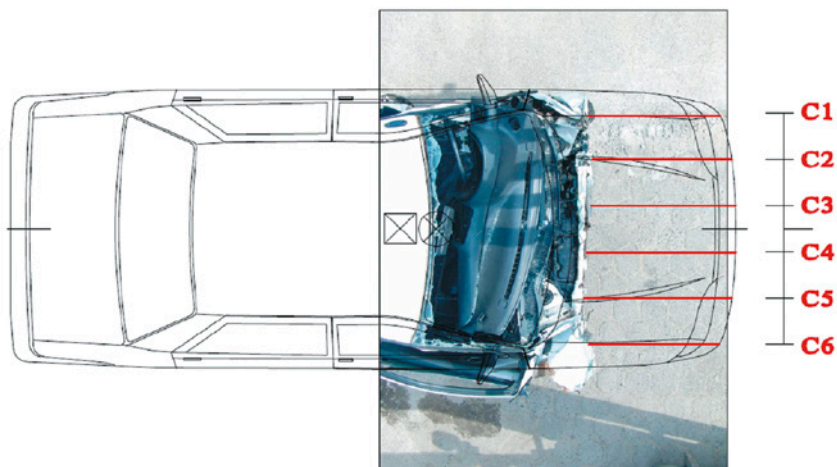
Na podstawie doświadczeń przyjmuje się, że jeżeli wartość liczbową kryterium HIC przekroczy 1000, to istnieje niebezpieczeństwo utraty życia [4]. Wg badań „Insurance Institute for Highway Safety” [8] przeprowadzonych w 2009 roku wartość wskaźnika HIC = 560, jest graniczna dla powstania ciężkich obrażeń.

W dyrektywie FMVSS 208 (Federal Motor Vehicle Safety Standards) zmodyfikowano kryterium HIC poprzez uściślenie czasu trwania działania opóźnienia na głowę. Ustalono zostały wartości graniczne dla HIC36 i HIC15 (wartości kryterium dla przedziału czasowego odpowiednio 36 ms i 15 ms).

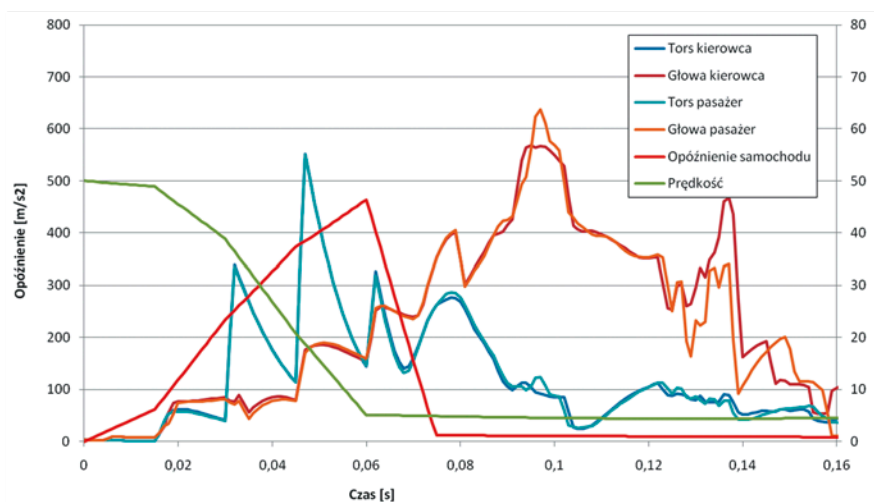
Przebiegi i zarejestrowane wyniki z crash testów i symulacji przedstawione są na rys. 2, 3 i 4.



Rys. 2. Zestawienie sylwetek Suzuki Swift przed i po przeprowadzeniu testu przy prędkości ok. 87 km/h



Rys. 3. Miejsca pomiaru odkształceń przodu Suzuki Swift



Rys. 4. Wykres zależności opóźnienia od czasu dla prędkości 50 km/h (stosowanej przy badaniach homologacyjnych) dla: kierowcy, pasażera i pojazdu (model komputerowy) wg danych z czujników umieszczonych w miejscach opisanych na wykresie



### Ocena obrażeń podczas wypadku drogowego:

Ustalenie wartości granicznych dla poszczególnych czujników uzależniono od wyników obliczeń wskaźnika HIC. Z wyników symulacji otrzymano następujące wartości wskaźnika obrażeń głowy HIC:

Dla prędkości zderzenia 87 km/h: HIC = 2100  
 60 km/h: HIC = 1225  
 50 km/h: HIC = 692  
 40 km/h: HIC = 379  
 30 km/h: HIC = 180  
 20 km/h: HIC = 40

W celu określenia powstania obrażeń u pasażerów wykorzystano skalę obrażeń według kryterium AIS.

Stopień ciężkości urazów wg AIS (ang. *Abbreviated Injury Scale*) jest najbardziej znanym sposobem opisowej oceny stopnia ciężkości urazów człowieka, jako użytkownika samochodu. Skala AIS powstała w 1969 roku i od tego czasu była kilka razy rewidowana i uaktualniana. Obrażenia są uszeregowane w skali sześciostopniowej uzupełnionej o dwa przypadki skrajne: brak obrażeń i gdy obrażenia te są nieznanne.

**Tablica 1. Wskaźniki stopnia ciężkości urazów AIS**

AIS	stopień ciężkości	urazy (przykłady)	śmiertelność w %
0	bez obrażeń		0,00
1	nieznaczny	otarcia, rany cięte, zgniecenia, uderzenia, złamanie żebra, oparzenia 1- i 2-go stopnia, do 10% powierzchni ciała	0,00
2	średni	otarcia i uderzenia na dużych powierzchniach, rozległe urazy części miękkich ciała, lekkie wstrząśnienia mózgu z amnezją, oparzenia 2-go stopnia, do 15% powierzchni ciała	0,07
3	ciężki stan bez zagrożenia życia	złamanie kości czaszki bez wypłynięcia płynu mózgowo-rdzeniowego, wstrząśnienie mózgu z utratą świadomości, odma płucna, oparzenia 2-go stopnia, do 25% powierzchni ciała	2,91
4	duże zagrożenie życia; przeżycie prawdopodobne	złamanie kości czaszki z wypłynięciem płynu mózgowo-rdzeniowego, wstrząśnienie mózgu z utratą świadomości do 24h, perforacja klatki piersiowej, oparzenia 2-go i 3-go stopnia, do 35% powierzchni ciała	6,88
5	duże zagrożenie życia; przeżycie niepewne	złamanie kości czaszki z krwawieniem pnia mózgu, pęknięcie lub urwanie organu, oparzenia 3-go stopnia, do 90% powierzchni ciała	32,32

Tablica 1. Wskaźniki stopnia ciężkości urazów AIS cd.

AIS	stopień ciężkości	urazy (przykłady)	śmiertelność w %
6	maksymalny, oceniany, jako praktycznie bez możliwości przeżycia	ciężkie zmiążdżenie głowy, rozdarcie pnia mózgu, złamanie podstawy czaszki, zmiążdżenie klatki piersiowej, rozdarcie lub przecięcie aorty, oddzielenie klatki piersiowej od miednicy	100,00
9	nieznany		nieznany

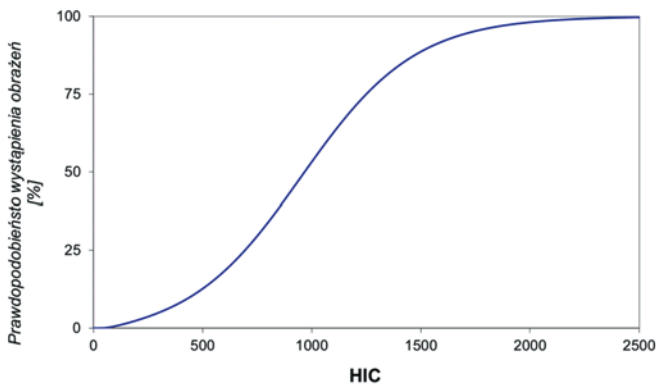
Powstanie obrażeń u pasażerów podczas wypadku drogowego skutkuje najczęściej pobytem poszkodowanych w szpitalu. Takie obrażenia można uznać za znaczne, co według skali AIS jest opisywane wartością  $AIS \geq 3$ .

Wyznaczone wcześniej podczas symulacji zderzeń wskaźniki HIC należy odnieść do zakresu obrażeń, jakich mogą doznać pasażerowie. Wykorzystane są tu wyniki badań *Insurance Institute for Highway Safety* [8], w których przyjęto wskaźnik  $HIC=560$ , jako graniczny dla powstania ciężkich obrażeń.

Wskaźnik ten należy skorelować z wcześniej wyznaczonym wskaźnikiem obrażeń wg skali  $AIS \geq 3$ . Korelacja ta pozwoli na procentowe określenie prawdopodobieństwa powstania obrażeń o skali  $AIS \geq 3$  w odniesieniu do wskaźnika HIC. W tym celu zastosowano wzór empiryczny uzależniający prawdopodobieństwo wystąpienia obrażeń o skali  $AIS \geq 3$  od wskaźnika HIC [4]:

$$p(AIS \geq 3)_{HIC15} = \frac{1}{1 + e^{3,39 + \frac{200}{HIC_{15}} - 0,00372 HIC_{15}}}$$

Powyższą zależność obrazuje wykres przedstawiony na rys. 5.

Rys. 5. Prawdopodobieństwo wystąpienia obrażeń skali  $AIS \geq 3$

Na podstawie wzoru określono prawdopodobieństwo wystąpienia obrażeń o skali AIS  $\geq 3$ , przy wskaźniku HIC = 560. Wynosi ono 15,9%.

Z przeprowadzonych eksperymentów, symulacji komputerowych i obliczeń wykonanych w PIMOT, można wyciągnąć następujące wnioski:

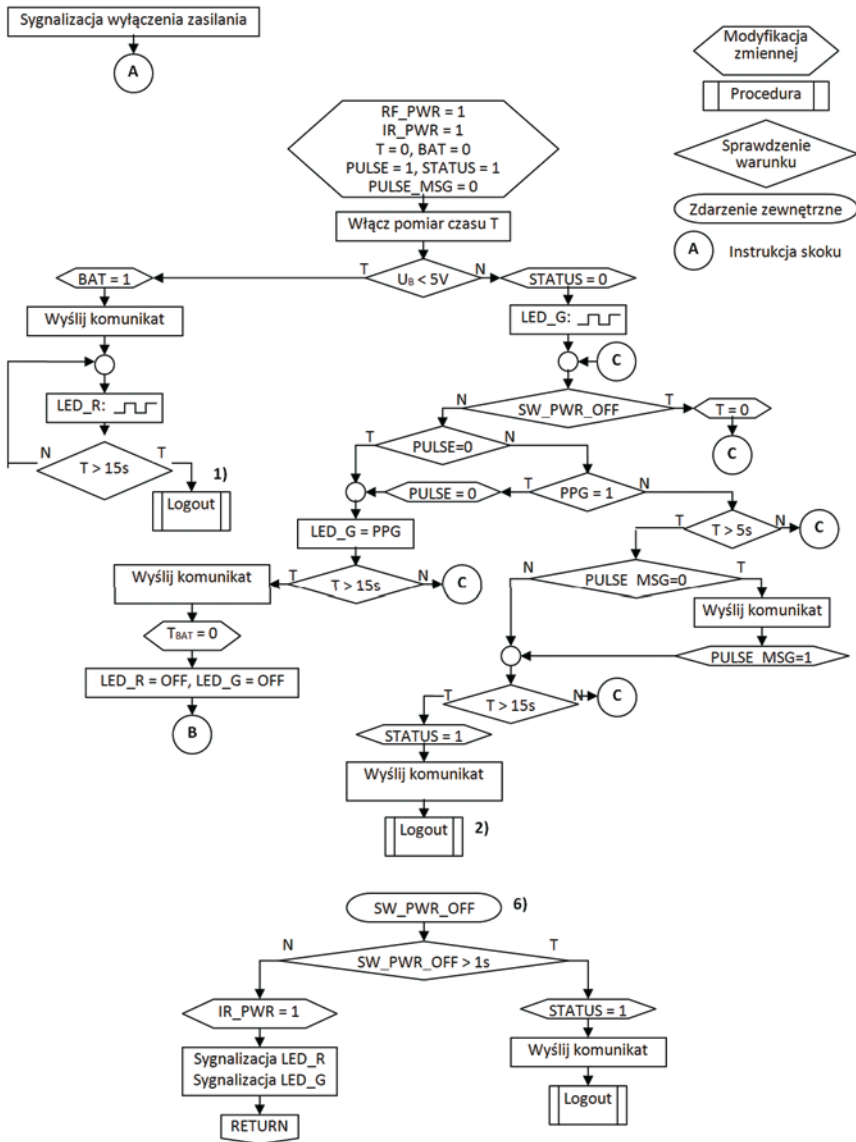
- Automatyczny system powiadamiania o wypadku e-Call powinien reagować już od wartości opóźnień dających wartość współczynnika obrażeń głowy HIC na poziomie 560, tj. o wartości, dla której istnieje ryzyko (15,9%) powstania ciężkich obrażeń (AIS 3);
- Dla badanego w PIMOT pojazdu Suzuki Swift, w zderzeniu czołowym z przeszkodą sztywną (betonowa ściana) wartość współczynnika HIC na poziomie ok. 560 występuje przy prędkości w granicach 45 - 50 km/h (50 km/h: HIC = 692, 40 km/h: HIC = 379);
- W rzeczywistych warunkach ruchu, tj. w sytuacji, gdy pojazd jadący z prędkością 45 - 50 km/h nie zderzy się czołowo z przeszkodą sztywną (np. uderzy niesymetrycznie w drzewo lub w inny pojazd), współczynnik ten może mieć wartość niższą od 560, podobnie, gdy współczynnik sztywności nadwozia różni się od współczynnika wyznaczonego dla pojazdu Suzuki Swift;
- W czasie ok. 0,06 sekund od chwili uderzenia w sztywną przeszkodę, w omawianym przypadku próby zderzeniowej (V = 50 km/h, betonowa ściana) opóźnienie pojazdu wyniosło około 470 m/s<sup>2</sup>, tj. ok. 50 g.

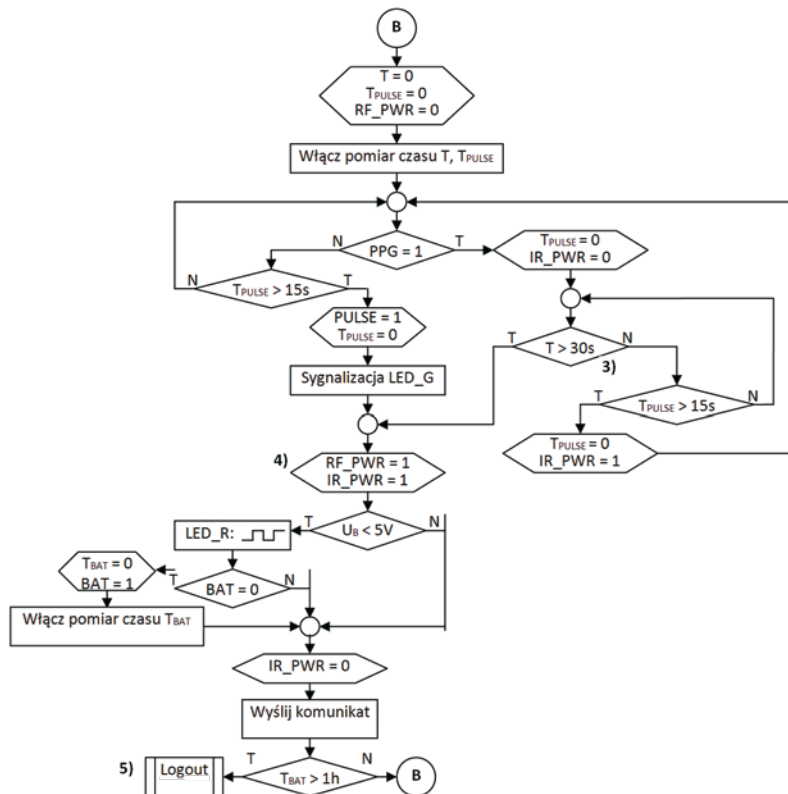
## **4. Ocena skutków zderzenia w odniesieniu do pasażerów na podstawie czujników tętna i kamer**

Dla oceny stanu uczestników zderzenia może być wykorzystany specjalny układ bazujący na czujnikach tętna oraz kamerach skierowanych do wnętrza pojazdu, z których obraz pobierany jest „poklatkowo” co ok. 15 sekund od chwili zdarzenia.

Wg założeń systemu zestawianego do prób w PIMOT, w bloku danych dodatkowych MSD zakodowana jest informacja o występowaniu (lub nie) pulsu kierowcy. Informację tę odczytuje się i transmituje radiowo z czujników diodowych zamieszczonych na ręce kierowcy, na bransolecie. Zdjęcia „poklatkowe” mogą być transmitowane do punktu PSAP osobnym kanałem, poza transmisją komunikatu MSD.

Jedna z wersji układu czujnika tętna pracuje wg poniższego algorytmu (rys. 6):





Rys. 6 Algorytm pracy jednej z wersji czujnika tętna [9.4]

## Objaśnienia do algorytmu

Status pracy (STATUS)	
0	Praca ok
1	Wylogowanie (Power off)

Status pulsu (PULSE)	
0	Puls ok
1	Brak pulsu

Status baterii (BAT)	
0	Bateria ok
1	$U_{BAT} < 5V$

## Elementy kontrolne:

Lp.	Symbol stosowany w algorytmie	Opis funkcji
1.	SW_PWR_ON	Przycisk włączający zasilanie
2.	SW_PWR_OFF	Przycisk wyłączający zasilanie lub kontroli odczytu pulsu i stanu baterii
3.	LED_R	Dioda (LED) czerwona: sygnalizacja stanu baterii
4.	LED_G	Dioda (LED) zielona: sygnalizacja odczytu pulsu

**Zmienne:**

Nazwa	Opis
RF_PWR	Zasilanie modułu nadajnika radiowego
IR_PWR	Zasilanie diody IR w transoptorze czytnika pulsu
PPG	Sygnał pulsu z modułu PPG
T	Zmienna sterująca główną pętlą czasową
T <sub>PULSE</sub>	Zmienna sterująca pętlą czasową pomiaru pulsu
T <sub>BAT</sub>	Zmienna sterująca pętlą czasową pracy baterii
BAT	Status baterii
U <sub>B</sub>	Napięcie baterii
PULSE	Status pulsu
STATUS	Status pracy
PULSE_MSG	Informacja o wysłaniu komunikatu o braku pulsu

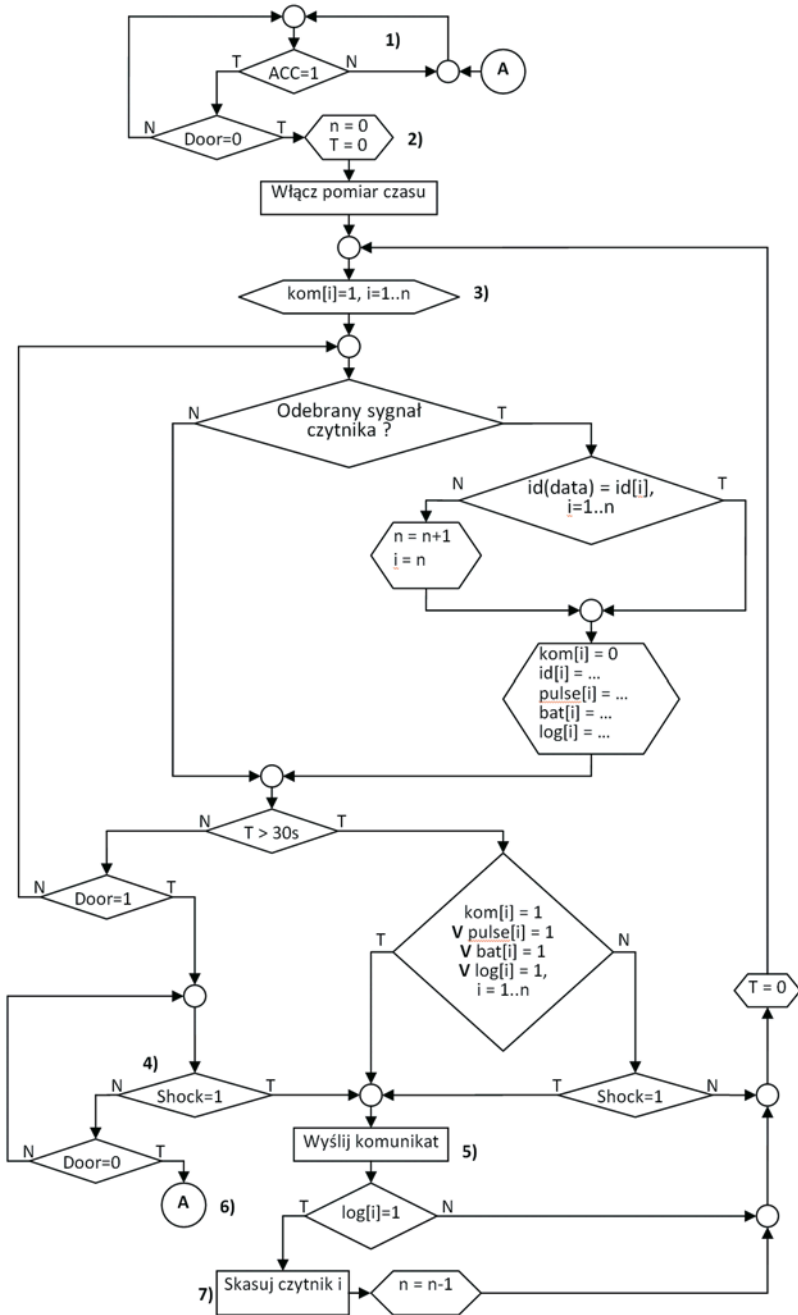
0 - wyłączony, zamknięty, status OK
-------------------------------------

1 - włączony, otwarty, status ERROR
-------------------------------------

**Opis algorytmu czujnika tętna:**

1. W przypadku, gdy po włączeniu zasilania, napięcie baterii jest niższe niż 5V, czytnik zostanie automatycznie wyłączony po wysłaniu odpowiedniego komunikatu (gdy napięcie baterii spadnie poniżej 4,5 V czytnik nie włączy się);
2. W przypadku, gdy w ciągu 15s od włączenia zasilania nie zostanie wykryty sygnał pulsu, czytnik zostanie automatycznie wyłączony po wysłaniu odpowiedniego komunikatu (czas oczekiwania można przedłużyć, naciskając przycisk SW\_PWR\_OFF);
3. W przypadku odbierania poprawnego sygnału pulsu, komunikaty wysyłane są co 30s. W przypadku, gdy sygnał pulsu nie jest odbierany, komunikat zostanie wysłany po 15s;
4. Napięcie baterii mierzone jest przy pełnym obciążeniu (włączone zasilanie diody IR i nadajnika RF);
5. Czytnik będzie pracować przez 1 godzinę od czasu spadku napięcia baterii poniżej 5V. Po tym czasie czytnik wyloguje się z systemu i zostanie wyłączony;
6. Naciśnięcie przycisku wyłączenia zasilania przez czas krótszy niż 1s spowoduje, że przez 15s wyświetlany będzie status pulsu i baterii. Wciśnięcie przycisku wyłączenia zasilania na czas dłuższy niż 1s spowoduje wylogowanie czytnika z systemu i wyłączenie jego zasilania.

Jedna z wersji układu jednostki odbiorczej (odbierającej sygnały z czujnika tętna) pracuje wg poniższego algorytmu (rys. 7):



Rys. 7 Algorytm pracy jednej z wersji odbiornika współpracującego z czujnikiem tętna [9.4]

### Objaśnienia do algorytmu

zmienna	opis
n	Ilość aktywnych czytników
data	Komunikat odebrany z czytnika
id[i]	identyfikator i-go czytnika
kom[i]	Status komunikacji z i-tym czytnikiem
puls[i]	Status pulsu z i-go czytnika
bat[i]	Status baterii i-go czytnika
log[i]	Status pracy i-go czytnik
ACC	Status zapłonu
Door	Status czujników drzwiowych
Shock	Status czujnika zderzenia

0 - wyłączony, zamknięty, status OK

1 - włączony, otwarty, status ERROR

#### Opis algorytmu pracy jednostki odbiorczej:

1. Samochód na postoju;
2. Rozpoczęcie aktywnej pracy jednostki odbiorczej;
3. Tablica – wstępnie wypełniona sygnałami błędu komunikacji – w miarę odbierania komunikatów z kolejnych czytników, jest sukcesywnie zerowana. Po upływie 30 sekund sprawdzany jest warunek  $kom[i]=0$  dla  $i=1..n$  (tzn. czy wszystkie czujniki wysłały komunikat);
4. Sygnał otwarcia drzwi mógł być spowodowany uszkodzeniem czujnika podczas wypadku;
5. Komunikat wysyłany jest jedynie w przypadku wystąpienia jednego z następujących zdarzeń:
  - zadziałanie czujnika zderzeniowego,
  - brak transmisji z co najmniej jednego czujnika,
  - brak odebranego sygnału pulsu z co najmniej jednego czujnika,
  - rozładowująca się bateria w co najmniej jednym czujniku,
  - wylogowanie co najmniej jednego czujnika;

Niezależnie od przyczyny wysłania komunikatu, zawiera on dane dotyczące stanu wszystkich czujników i czytników.

W ramach wysłania komunikatu, generowany jest również sygnał akustyczny odpowiadający zajściu danego zdarzenia;



6. Po zamknięciu drzwi mogła ulec zmianie liczba pasażerów – powrót do sprawdzania warunków początkowych;
7. Wylogowanie czujnika.

## 5. Uwagi końcowe

Urządzenia występujące w systemie e-Call muszą spełniać szereg wymagań technicznych. Oprócz wymagań wynikających z istoty funkcjonowania e-Call, muszą one spełniać standardowe wymogi stawiane podzespołom elektronicznym montowanym w pojazdach, a dotyczące: funkcjonalności, montażu, zasilania elektrycznego, kompatybilności elektromagnetycznej, niezawodności działania oraz odporności na zakłócenia (zakłócenia wynikające z rozmaitych czynników – np. zwarcia w instalacji, spadku napięcia zasilania, zmiany temperatury otoczenia, itd.). W Przemysłowym Instytucie Motoryzacji opracowano je w postaci odpowiednich Warunków Technicznych [9.1].

## Literatura

- [1] [http://ec.europa.eu/health-eu/my\\_environment/road\\_safety/index\\_pl.htm](http://ec.europa.eu/health-eu/my_environment/road_safety/index_pl.htm) (wydanie 2013.09.12 – „Zdrowie UE – bezpieczeństwo drogowe”).
- [2] *Komunikat Komisji Europejskiej do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów – e-Call : czas na wdrożenie* / COM / 2009 / 0434).
- [3] *PN-EN 15722:2011 Transport drogowy i telematyka ruchu – e-Bezpieczeństwo – e-Call – minimalne bazy danych*.
- [4] HADDADIN S., ALBU-SCHAFFER A., HIRZINGER G. *Dummy Crash-Tests for the Evaluation of Rigid Human-Robot Impacts*. Institute of Robotics and Mechatronics DLR – German Aerospace Center.
- [5] *Cyborg Idea V-SIM* wersja 2.0.25 Licencja numer 770AC72F dla PIMOT – Przemysłowy Instytut Motoryzacji, Warszawa.
- [6] <http://www.autocentrum.pl/dane-techniczne/suzuki/swift/ii.html>
- [7] *Elektrotechnika i elektronika samochodowa, Układy bezpieczeństwa i komfortu jazdy, Informator techniczny Bosch*.
- [8] *Insurance Institute for Highway Safety Guidelines for Rating Injury Measures* 1005 N. Glebe Road, Arlington, VA 22201. June 2009 - 2.
- [9] Sprawozdania PIMOT z realizacji projektu badawczego N N509 573239 zat.: „Opracowanie i badania samochodowego systemu bezpieczeństwa w ramach struktury „inteligentnego samochodu”:
  - [9.1] „Opracowanie założeń naukowo – technicznych dla systemu „inteligentnego pojazdu” (IP)” – kierownik zespołu: dr inż. Sławomir Łukjanow prof. nzw;
  - [9.2] „Identyfikacja parametrów oceny zdarzenia drogowego w odniesieniu do pojazdu” – kierownik zespołu: mgr inż. Karol Zielonka;
  - [9.3] „Analiza dokumentów prawnych w zakresie systemu samochodowych systemów bezpieczeństwa (SSB) i celowości wprowadzenia stosownych poprawek do prawa polskiego” – kierownik zespołu: mgr Magdalena Ambroziak;
  - [9.4] „Analiza metrologiczna wybranych parametrów i funkcji do realizacji SSB” – kierownik zespołu: mgr inż. Robert Berliński.
- [10] ŻARDECKI D., PIJANOWSKI B. *Informacja w samochodowym systemie bezpieczeństwa z funkcją „e-Call”*. Archiwum Motoryzacji, 4 / 2012.