

Dyrektor Interaktywnego Centrum Bezpieczeństwa
ma zaszczyt zaprosić na wykład i warsztaty pod tytułem:

Źródła zagrożeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

prowadzony przez dr hab. inż. Grzegorz Ślaski

z Politechniki Poznańskiej, który odbędzie się 19 stycznia 2015 r. o godzinie 13:30

Ważnym aspektem jest uświelenie rozumienia istoty zagrożeń w zderzeniach pojazdów i innych możliwości ich ograniczania przez systemy bezpieczeństwa biernego a tym samym zbudowanie wewnętrznej potrzeby właścicieli wypracowania takich elementów jak pasy czy poduszki powietrzne wraz ze świadomością ich ograniczeń.

W trakcie wykładu przedstawiona zostanie fizyka i biomechanika interakcji wypadków samochodowych, przybliżone dane o zderzeniach i granicach wytrzymałości zderzeniami pojazdów oraz powstawanie ich z ograniczeniami ludzkiego organizmu.

Podczas warsztatów instruktorzy Szkoły Auto SKODA uświadomią, że nasze bezpieczeństwo jako uczestników ruchu drogowego w największym stopniu zależy od nas samych.

Agenda

13:30 Rozpoczęcie wykładu 13:00 Panel dyskusyjny z ekspertami i warsztaty bezpieczeństwa

Informacja o prelegencie

 Dr hab. inż. Grzegorz Ślaski, Politechnika Poznańska, Wydział Mechaniczny, Instytut Transportu i Inżynierii Samochodowej (IIS).

Naukowo odnosi się do zderzeń i zderzeń w zderzeniach samochodowych – jako hazardu samochodowego – eksperymentalny dynamik pojazdów (w tym zagadnieniami dynamicznego zderzenia, kinematyki i biomechaniki – ruchu – oraz – energetyki) – ruchu samochodów. Wykłada o wielu projektach i stronach (na przykład).

dr hab. inż. Grzegorz Ślaski

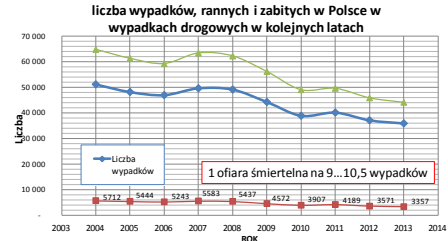
Serdecznie zapraszamy!

SKODA Auto Lab Interaktywne Centrum Bezpieczeństwa ul. Głogowska 425, 60-034 Poznań
Kontakt: infocentrum@icb.poznan.pl lub +48 660 330 330 | www.icb.poznan.pl

Wypadki samochodowe - statystyki

- ilość wypadków w Polsce
- ilość rannych i zabitych

liczba wypadków, rannych i zabitych w Polsce w wypadkach drogowych w kolejnych latach



| Rok | Liczba wypadków | Ranni | Zabici |
|------|-----------------|-------|--------|
| 2003 | 5712 | 5243 | 5583 |
| 2004 | 5444 | 5437 | 4573 |
| 2005 | 5243 | 3907 | 4189 |
| 2006 | 5583 | 3571 | 3557 |
| 2007 | 5437 | | |
| 2008 | 4573 | | |
| 2009 | 3907 | | |
| 2010 | 4189 | | |
| 2011 | 3571 | | |
| 2012 | 3557 | | |
| 2013 | | | |
| 2014 | | | |

1 ofiara śmiertelna na 9...10,5 wypadków

Co jest przyczyną obrażeń pasażerów w zderzeniach samochodów?

Politechnika Poznańska | WMRIIT | Grzegorz ŚLASKI

Źródła zagrożeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

ŹRÓDŁA ZAGROZEŃ ZDROWIA I ŻYCIA W WYPADKACH SAMOCHODOWYCH

FIZYKA I BIOMECHANIKA W ZDERZENIACH SAMOCHODÓW

Politechnika Poznańska | WMRIIT | Grzegorz ŚLASKI

Źródła zagrożeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

Przyczyny obrażeń

- Przyczyny obrażeń w zderzeniach samochodów



```

    graph TD
      A[Zderzenie samochodu z przeszkodą  
(Inny samochód, drzewo, budynek...)] --> B[Fizyka zderzenia]
      B --> C[Bezpieczeństwo bierne samochodu]
      C --> D[Biomechanika człowieka]
      D --> E[Obrażenia pasażera/kierowcy]
  
```

Fizyka zderzenia

- energia kinetyczna
- zmiana prędkości
- sila bezwładności

Bezpieczeństwo bierne samochodu

- struktura nadwozia
- pasy bezpieczeństwa
- poduszki gazowe

Biomechanika człowieka

- odporność tkanek organizmu na
- sily
- przyspieszenia

Obrażenia pasażera/kierowcy

- obrażenia zewnętrzne i wewnętrzne
- skala obrażeń

Politechnika Poznańska | WMRIIT | Grzegorz ŚLASKI

Źródła zagrożeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

Fizyka hamowania

Samochód jadący posiada energię kinetyczną

$$E_k = (mv^2)/2$$

Samochód stojący posiada energię kinetyczną:

$$E_k = 0$$

hamowanie

Co się stało z tą energią?
- jest wytracana przez pracę sił hamowania:

$$E_k = W_h = F_h \cdot s_h$$

Sila hamowania stała ograniczona przyczepnością:

- maksymalnie tyle ile siła ciężkości samochodu (na pasażera działa siła maksymalnie równa jego ciężarowi – na dorosłego ok. 70 kG)
- normalnie ok. 10...15 % ciężaru samochodu (na pasażera działa siła maksymalnie równa jego ciężarowi – na dorosłego ok. 7...12 kG)

Politechnika Poznańska | WMRI | Grzegorz ŚLASKI
Zródła zagrożzeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

Efekty ograniczenia siły hamowania

- Zmienna droga hamowania zależna od początkowej energii kinetycznej (tym samym od kwadratu prędkości)

| Prędkość [km/h] | Droga hamowania [m] |
|-----------------|---------------------|
| 0 | 0 |
| 10 | 10 |
| 20 | 20 |
| 32 | 32 |

Politechnika Poznańska | WMRI | Grzegorz ŚLASKI
Zródła zagrożzeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

Efekty ograniczenia siły hamowania

Brak możliwości kierowania

Wypadki z podłożem śnieżnym powodują brak możliwości kierowania

Limit sił hamowania:

- suchy asfalt $\approx 0,8$ ciężaru samochodu
- mokry asfalt $\approx 0,5$ ciężaru samochodu
- śnieg $\approx 0,3$ ciężaru samochodu

Politechnika Poznańska | WMRI | Grzegorz ŚLASKI
Zródła zagrożzeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

Fizyka hamowania – ile to trwa?

0,0 s

Zmiana prędkości

Sily hamowania (są ograniczone)

$$a_H = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{F_{sH}}{m}$$

Masa samochodu

Czas hamowania

Jednostki:

- km/h / s
- m/s / s = m/s²

Politechnika Poznańska | WMRI | Grzegorz ŚLASKI
Zródła zagrożzeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

Fizyka zderzenia

Samochód jadący posiada energię kinetyczną: $E_k = (mv^2)/2$
 Samochód stojący posiada energię kinetyczną: $E_k = 0$
 Co się stało z tą energią?
 – jest wytracana przez pracę sił hamowania: $E_k = W_z = F_z \cdot S_z$

Droga hamowania ograniczona długością strefy zgniotu samochodu:

- maksymalnie ok. 0,5-0,6 m.
- siła „hamowania” rośnie z kwadratem prędkości i zatrzymywaną masą – przy 50 km/h

Zmieniła siła „hamowania”
 (dla dorosłego człowieka wartość średniej siły działającej w pasach)

Źródła zagrożeń zdrowotnych i życia w wypadkach samochodowych

Hamowanie a zderzenie

Podstawowa różnica pomiędzy hamowaniem a zderzeniem (względem hamowania):

- droga „wyhamowania” – 30 razy krótsza
- siła „wyhamowania” – 30 razy większa

Przykładowo:
 Prędkość początkowa 50 km/h,
 Przyczepność 0,8

360 000 N
12 000 N

0,4 m **12 m** **droga**

Pole obu prostokątów - praca zatrzymania - jest takie samo 144 000 J

Źródła zagrożeń zdrowotnych i życia w wypadkach samochodowych

Hamowanie a zderzenie

Hamowanie z 50 km/h

Opóźnienie 8 m/s^2
 0,8 g

15 000 N \approx 1500 kg

15 000 N \approx 1500 kg

Hamowanie – 12 metrów

Zderzenie

Opóźnienie 240 m/s^2
 24 g

360 000 N \approx 36 000 kg

15 000 N \approx 1500 kg

Odształcenie kontrolowanej strefy zgniotu – 0.4 metra

Źródła zagrożeń zdrowotnych i życia w wypadkach samochodowych

Siła bezwładności

Siła hamowania i siła zderzenia równa jest sile bezwładności ciała, którego prędkość zmieniamy

$F_b = ma$

Zmiana prędkości może być:

- spowalnianiem:
 - zderzenie czołowe
 - zderzenie boczne w trakcie zarzucania pojazdu
 - „dachowanie” w końcowej fazie
- przyspieszaniem:
 - uderzenie od tyłu
 - zderzenie boczne prze inny pojazd
 - „dachowanie” w początkowej fazie

Druga zasada dynamiki Newtona - 1687 r.

Źródła zagrożeń zdrowotnych i życia w wypadkach samochodowych

Różnica mas a zmiana prędkości

Źródło: zagrożeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

urazy i obrażenia

- urazem określa się zadziałanie energii na ludzkie ciało (organizm poszkodowanego), w wyniku którego powstają różnego rodzaju obrażenia ciała
 - w wypadkach ta energia w formie mechanicznej przejawia się w działaniu siły
- obrażenie - skutek biologiczny urazu (np., rany, otarcia, złamania)
- obrażenia można rozpatrywać dla:
 - układów narządów – zespołów narządów
 - narządów – zespołów tkanek
 - tkanek – zespołów komórek
 - komórek
- kryteria prawdopodobieństwa odniesienia obrażeń
 - mieralne wielkości fizyczne

narzędzie badań – manekin antropomorficzny

Źródło: zagrożeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

Zagrożenia dla pasażerów w zderzeniu

Podstawowe trzy główne mechanizmy powstawania obrażeń zwykle ujawniane podczas zderzenia to:

- Mechanizm obciążeń mechanicznych** – ściskanie i rozciąganie ciała powoduje urazy jeśli przekroczone zostaną granice obciążeń elastycznych. Obrażenia mogą powstać podczas wolnej deformacji (złamania) lub w przypadku uderzeń o bardzo dużej prędkości.
- Mechanizm obciążeń wiskotycznych** – charakter impulsowy obciążenia ciała podczas wypadku generuje powstanie **fali mechanicznej** w ludzkim ciele, która powoduje wewnętrzne obrażenia jeśli przekroczone zostaną tzw. Wiskotyczne granice tolerancji.
- Mechanizm obciążeń inercyjnych** – obciążenie w postaci przyspieszenia (opóźnienia) powoduje rozzerwanie wewnętrznych struktur ze względu na **siły masowe**.

TRZY ZDERZENIA W JEDNYM WYPADKU!!!

Źródło: zagrożeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

AIS – skrócona skala ciężkości obrażeń

AIS (Abbreviated Injury Scale, od 1969 r.) – skrócona skala ciężkości obrażeń – system opisowej oceny stopnia ciężkości obrażeń człowieka, m.in. będących efektem wypadków drogowych. Obrażenia są uszeregowane w skali sześciostopniowej i uzupełnione o dwa przypadki skrajne - brak obrażeń (0) i obrażenia niezrębane (9).

| AIS | stopień ciężkości | Obrażenia (przykłady) | śmiertelność w % |
|-----|---|--|------------------|
| 0 | bez obrażeń | | 0,00 |
| 1 | nieznaczny | otarcia, rany ciepłe, zgniecenia, uderzenia, złamanie żeber, oparzenia 1 - 2-ego stopnia, do 10 % powierzchni ciała | 0,00 |
| 2 | średni | otarcia i uderzenia na dużych powierzchniach rozległe urazy części miękkich ciała lekkie wstrząśnienie mózgu z amnezją oparzenia 2-ego stopnia, do 15 % powierzchni ciała | 0,07 |
| 3 | ciężki | złamanie czaszki bez wypłynięcia płynu mózgowo-rdzeniowego wstrząśnienie mózgu z utratą świadomości odma płucna oparzenia 2-ego stopnia, do 25 % powierzchni ciała | 2,91 |
| 4 | duże zagrożenie życia, przecięnie prawdopodobne | złamanie czaszki z wypłynięciem płynu mózgowo-rdzeniowego wstrząśnienie mózgu z utratą świadomości do 24 h perforacja klatki piersiowej oparzenia 2-1 3-ego stopnia, do 35 % powierzchni ciała | 6,88 |
| 5 | stan krytyczny: przetrzycie - niebezpieczne | złamanie czaszki z krwawieniem pnia mózgu pęknięcie lub urwanie organu oparzenia 2-ego stopnia, do 90 % powierzchni ciała | 32,32 |
| 6 | maksymalny oceniany jako praktycznie bez możliwości przetrzycie | ciężkie zniszczenie głowy, rozdarcie pnia mózgu złamanie podtawicy czaszki zniszczenie klatki piersiowej, rozdarcie lub pęknięcie aorty oddzielenie tkanki płucnej od śródnic | 100,00 |
| 9 | niezręczny | | niezręczny |

Źródło: zagrożeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

obrażenia tułowia

Obrażenia tułowia (klatki piersiowej i jamy brzusznej):

- Złamania żeber i mostka - efekt głównie obciążeń mechanicznych**
 - często towarzyszy im występowanie uszkodzeń opłucnej (odma, krwiak)
 - prawdopodobnie także obrażenia śledziony i wątroby
 - Inne obrażenia organów wewnętrznych
- Obrażenia organów wewnętrznych – efekt głównie obciążeń inercyjnych**
 - uszkodzenia aorty i wielkich pni naczyniowych
 - powstanie odmy opłucnej, krwiaka,
 - obrażenia tkanki płucnej (stłuczenia i rozzerwania)
 - uszkodzenia mięśnia serca
 - rozerwanie przepony,
 - rozerwanie wątroby i śledziony
 - stłuczenia nerek
 - uszkodzenia jelita

Powikłania:

- zapalenie, powikłania zakrzepowo-zatorowe,

Politechnika Poznańska | WMRI | Grzegorz ŚLASKI
Źródła zagrożeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

tułów - mechanizm obciążeń mechanicznych

W szczególności odniesiony do klatki piersiowej i wynikający z deformacji klatki piersiowej powodowanej:

- uderzeniem o kolo kierownicy (gdy brak pasów)
- oddziaływaniem pasa bezpieczeństwa

Przyjęte kryterium największego ugięcia klatki piersiowej dla obrażeń AIS ≤ dla 50% mężczyzny:

- 76.2 mm dla rozłożonego obciążenia (USA);
- 50.0 mm dla skoncentrowanego obciążenia (Europa)

Politechnika Poznańska | WMRI | Grzegorz ŚLASKI
Źródła zagrożeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

obrażenia tułowia

mechanizm powstawania obrażeń

- ściśnięcie ⇒ wielkość ugięcia
- urazy wiskotyczne ⇒ V * C prędkość * chwilkowe ugięcie
- Obciążenia inercyjne ⇒ przyspieszenia klatki piersiowej - g (dyskusyjne)

Mechanizmy i ich zakładane kryteria prawdopodobieństwa wystąpienia obrażeń tułowia

Politechnika Poznańska | WMRI | Grzegorz ŚLASKI
Źródła zagrożeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

tułów - mechanizm obciążeń inercyjnych

Przyjmowana wartość graniczna:
60 g powyżej 3 ms – dla obrażeń AIS < 3 dla 50% mężczyzny (wyniki badań z lat 70 – Merz)

Mechanizm powstawania poprzecznego rozerwania aorty spowodowanego działaniem sił bezwładności podczas zderzenia czołowego

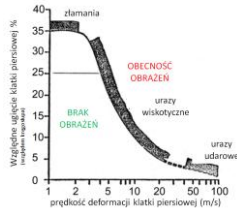
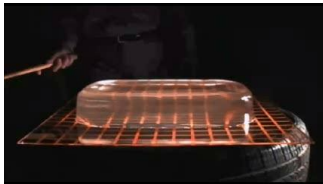
Politechnika Poznańska | WMRI | Grzegorz ŚLASKI
Źródła zagrożeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

tułów - mechanizm obciążeń wiskotycznych

(wyniki badań General Motors z końca lat 80)

Mechanizm obrażeń groźny dla tkanek miękkich tułowia.

Wskazuje na zagrożenie dużej prędkości odkształcenia przy nawet niedużej wartości



Politechnika Poznańska | WMRI | dr hab. inż. Grzegorz ŚLASKI

Źródło: zagrożenia zdrowotne i życie w wypadkach samochodowych

Kryterium obrażeń głowy

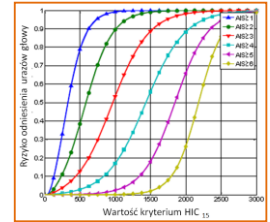
Kryterium HIC (Head Injury Criterion) – zweryfikowane kryterium przewidywania prawdopodobieństwa złamań kości czaszki i urazów mózgu różnego stopnia na podstawie pomiaru opóźnienia głowy.



Matematycznie:

$$HIC(\Delta t_{max}) = \max_{t_1, t_2} \left[\left(\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \ddot{a} dt \right)^{2.5} (t_2 - t_1) \right]$$

Kryterium HIC a ryzyko odniesienia obrażeń



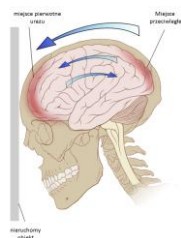
Politechnika Poznańska | WMRI | dr hab. inż. Grzegorz ŚLASKI

Źródło: zagrożenia zdrowotne i życie w wypadkach samochodowych

urazy głowy (czaszki i mózgu)

Traumatyczne urazy mózgu powodują obrażenia mózgu wskutek oddziaływania siły fizycznej:

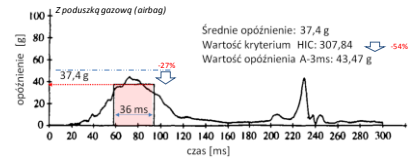
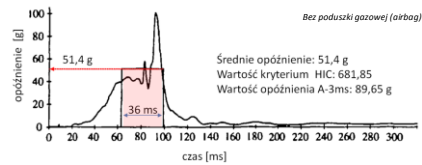
- wewnątrzczaszkowy - uderzenie w tę wewnętrzną część czaszki powodujące napięcia i zmiążdżenia
- zewnątrzczaszkowy - powstać może poprzez penetrację czaszki, jak na przykład pociskiem przebijającym czaszkę i wchodzącym do mózgu.



Politechnika Poznańska | WMRI | dr hab. inż. Grzegorz ŚLASKI

Źródło: zagrożenia zdrowotne i życie w wypadkach samochodowych

HIC – sposób obliczania



Politechnika Poznańska | WMRI | dr hab. inż. Grzegorz ŚLASKI

Źródło: zagrożenia zdrowotne i życie w wypadkach samochodowych

Struktura nadwozia – ochrona przed 1 zderzeniem

Béla Barényi z Mercedes Benz – 1951 rok – patent na strefę kontrolowanego zgniotu

Strefa kontrolowanego zgniotu

Strefa kontrolowanego zgniotu

Sztwna klatka pasażerska

2860

1) Sześć-kołowy samochód bezkarowy z przednią i tylną...
 2) Sześć-kołowy samochód bezkarowy z przednią i tylną...
 3) Sześć-kołowy samochód bezkarowy z przednią i tylną...
 4) Sześć-kołowy samochód bezkarowy z przednią i tylną...

Źródła: zagrożeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

Politechnika Poznańska | WMRI | Grzegorz ŚLĄSKI

Deformacja nadwozia jako ogranicznik sił

Źródła: zagrożeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

Politechnika Poznańska | WMRI | Grzegorz ŚLĄSKI

Deformacja nadwozia jako ogranicznik sił

Sila

Ochrona przestrzeni pasażerskiej

Kompaktowość i ochrona wnętrza

Ochrona pierszego i drobne kolizje

Droga deformacji

Ultra High Strength Steel 22% 17% 15% 10%

Extra High Strength Steel 22% 17% 15% 10%

Very High Strength Steel 22% 17% 15% 10%

High Strength Steel 22% 17% 15% 10%

Steel 22% 17% 15% 10%

Aluminium

E [MJ/m³]

sztywny próbnik nadwozia

wielki próbnik nadwozia

L_0 [m]

Źródła: zagrożeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

Politechnika Poznańska | WMRI | Grzegorz ŚLĄSKI

Integralność kabiny a pasy i airbag

Źródła: zagrożeń zdrowia i życia w wypadkach samochodowych

Politechnika Poznańska | WMRI | dr hab. inż. Grzegorz ŚLĄSKI

Wytrzymałość kabiny jest ograniczona

Test zderzeniowy przy 195 km/h



Politechnika Poznańska | WMRT | dr hab. inż. Grzegorz ŚLĄSKI Źródła zagrożeń zdrowotnych i życia w wypadkach samochodowych

z pasami i bez



Politechnika Poznańska | WMRT | Grzegorz ŚLĄSKI Źródła zagrożeń zdrowotnych i życia w wypadkach samochodowych

Ochrona dorosłych – utwierdzenie - pasy

1959 – Volvo – po raz pierwszy serijnie zainstalowano 3-punktowe pasy bezpieczeństwa

JAK PASY CHRONIĄ PASAŻERÓW:

1. Pozwalają osobie chronionej „wyhamować” w kontrolowany sposób i możliwe jak najdłużej trwający, taki w jaki wyhamowywany jest środek samochodu, zmniejszając wartość sił wyhamowujących a wydłużając drogę „wyhamowania”.
2. Przytrzymują (utwierdzają) osoby chronione mocując je za najmocniejsze części szkieletu – dla starszych dzieci i dorosłych są to biodra i ramiona. Dla dzieci i niemowląt konieczne jest przytrzymanie całego ciała – nie ma najmocniejszych części.
3. Rozkładają siły przytrzymujące na dużą część ciała unikając nadmiernego nacisku na pojedyncze części ciała.
4. Chronią głowę i górne części ciała przed drugim uderzeniem w wypadku – w kierunku w kierunku lub deskę rozdzielczą, w słupki dachu.
5. Zabezpieczają przed uderzeniem pasażerów w samochodzie nawzajem o siebie.
6. Chronią przed wyrzuceniem z samochodu – osoby wyrzucone z samochodu mają 4 razy mniejsze szanse przeżycia.



Politechnika Poznańska | WMRT | Grzegorz ŚLĄSKI Źródła zagrożeń zdrowotnych i życia w wypadkach samochodowych

pasy i poduszki – ochrona przed 2 zderzeniem

64 km/h – zderzenie z deformowalną barierą , 40% przekroczenie
Samochód typu van – ten sam model z 1992 i 1998




| Kategoria | Airbag | No Airbag |
|--------------------------|--------|-----------|
| przyspieszenie szczytowe | 80 | 304 |
| przyspieszenie 3 ms | 80 | 214 |
| HIC | 700 | 1000 |
| HIC - 15 ms | 4651 | 552 |

Politechnika Poznańska | WMRT | Grzegorz ŚLĄSKI Źródła zagrożeń zdrowotnych i życia w wypadkach samochodowych

Dziękuję za uwagę