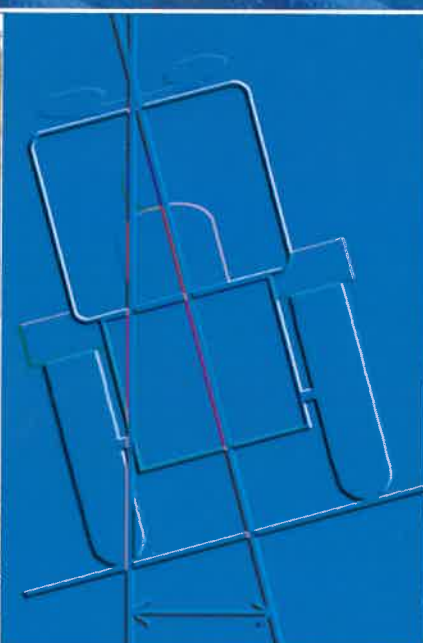


Tadeusz Pawłowski

**STUDIUM TRANSPORTU
AGREGATÓW ROLNICZYCH
W UJĘCIU TEORII STEROWANIA
I BEZPIECZEŃSTWA RUCHU**



**PRZEMYSŁOWY INSTYTUT MASZYN ROLNICZYCH
POZNAŃ 2012**

Tadeusz Pawłowski

**STUDIUM TRANSPORTU
AGREGATÓW ROLNICZYCH
W UJĘCIU TEORII STEROWANIA
I BEZPIECZEŃSTWA RUCHU**

(rozprawa habilitacyjna)

Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych
Poznań 2012

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	9
2. STUDIUM PROBLEMU W ZAKRESIE TEORII STEROWANIA W ODNIESIENIU DO STATECZNOŚCI ORAZ KIEROWALNOŚCI POJAZDÓW	17
2.1. Studium problemu w zakresie stateczności oraz kierowności pojazdu w ujęciu technicznym	17
2.2. Studium problemu stateczności ruchu pojazdu w ujęciu matematycznym	26
2.3. Studium problemu kierowności pojazdu w ujęciu matematycznym	29
2.4. Systemy prowadzenia pojazdów	34
2.4.1. Liniowe sterowanie ze sprzężeniem zwrotnym	34
2.4.2. Nieliniowe rozprężanie	36
2.4.3. Nieholonomiczne planowanie ruchu	39
2.4.4. Podejście oparte na klasyfikacji	39
2.4.5. Sieci neuronowe	42
2.4.6. Logika rozmyta	44
3. ZDEFINIOWANIE BADANEGO OBIEKTU	45
3.1. Kryteria doboru	45
3.1.1. Normy zalecane	45
3.1.2. Rodzaje połączeń ciągnika z maszyną rolniczą	47
3.2. Obiekt badań	50
3.2.1. Wspornik zaczepu kulowego dla samochodu Mitsubishi L200	50
3.2.2. Układ sterowania hamulcami naczepy	52
3.2.3. Dane techniczne naczepy	52
3.2.4. Układ hamulcowy naczepy	53
4. BUDOWA MODELU DZIAŁANIA KIEROWCY W UKŁADZIE KIEROWCA-POJAZD-OTOCZENIE DLA POTRZEB AGREGATÓW ROLNICZYCH	55
4.1. Modele działania kierowcy w układzie kierowca-pojazd-otoczenie	55
4.1.1. Istniejące oprzyrządowanie pozwalające na automatyzację procesu sterowania	55
4.1.2. Modele kierowców stosowane w analizach zagadnień kierowności pojazdów z wykorzystaniem teorii sterowania	57
4.2. Projektowany model sterowania agregatem rolniczym	67
4.2.1. Układ sterowania ciągły	67
4.2.2. Układ sterowania ciągły z uwzględnieniem modelu hybrydowego (stochastyczny + deterministyczny)	70
5. BADANIA POLIGONOWE	71
5.1. Rozmieszczenie czujników współpracujących z aparaturą HBM oraz ich charakterystyki	71
5.1.1. Czujniki przemieszczeń	72
5.1.2. Czujniki przyspieszeń	73
5.1.3. Czujniki tensometryczne – pomiar sił działających na dyszel przyczepy	75
5.2. Parametry pracy wału napędowego	76
5.2.1. Czujniki potencjometryczne do pomiaru kątów obrotu kierownicy i naczepy	76
5.2.2. Czujniki linkowe przemieszczeń do pomiarów ugięć zawieszenia samochodu i naczepy	77
5.2.3. Czujniki przyspieszeń do pomiaru przyspieszeń mas resorowanych i nieresorowanych samochodu i naczepy	77
5.2.4. Tensometry do pomiaru sił na dyszlu	78
5.2.5. Czujniki dodatkowe	79
5.2.6. Czujniki inkrementalne prędkości obrotowej kół	80
5.2.7. Czujnik momentu i prędkości obrotowej wału	80
5.2.8. Bezstykowy optyczny czujnik prędkości pojazdu	81
5.2.9. Czujnik przemieszczeń liniowych i kątowych koła RV3 firmy Datron	83
5.2.10. System GPS ze wspomaganie inercyjnym (GPS/INS) SPAN-CPT firmy NovAtel	84

5.3. Systemy akwizycji danych.....	84
5.3.1. System dSpace	84
5.3.2. Część sprzętowa systemu dla potrzeb badań stanowiskowych	85
5.3.3. System SPAN-CPT	86
5.3.4. System Video Box RLVBVD102C firmy Race Logic.....	88
5.4. Opis programu przetwarzania danych on-line dla systemu dSpace	88
5.5. Miejsce prowadzenia badań.....	92
5.6. Opis sposobu prowadzenia badań	93
5.6.1. Prace przygotowawcze.....	93
5.6.2. Testy badawcze realizowane na potrzeby tej pracy	93
5.7. Badania parametrów agregatu transportowego	95
5.7.1. Szywności opon	95
5.7.2. Pomiar położenia środka ciężkości samochodu	99
5.7.3. Badania rozkładu masy oraz momentów bezwładności samochodu (ciągnika).....	100
6. IDENTYFIKACJA MODELU AGREGATU CIĄGNIK–MASZYNA ROLNICZA	101
6.1. Wprowadzenie do metod identyfikacji	101
6.2. Dobór algorytmów optymalizacyjnych wykorzystywanych w identyfikacji	102
6.3. Identyfikacja parametryczna funkcji transmitancji układu ciągłego.....	105
6.4. Identyfikacja parametryczna modelu o dwóch stopniach swobody.....	118
6.5. Identyfikacja parametryczna modelu o trzech stopniach swobody	120
7. WYNIKI OBLICZEŃ SYMULACYJNYCH	123
7.1. Symulacja komputerowa – układ ciągły	124
7.2. Warunki stateczności i krytyczne prędkości pojazdu	131
7.3. Symulacja komputerowa – model hybrydowy – układ ciągły	140
7.3.1. Prosty model strukturalny o dwóch stopniach swobody	141
7.3.2. Symulacja komputerowa – układ hybrydowy – dwa stopnie swobody.....	143
7.3.3. Budowa modelu strukturalnego	147
7.3.4. Nieliniowe równania ruchu samochodu	156
7.3.5. Liniowe równania ruchu samochodu (trzy stopnie swobody).....	159
7.4. Analiza stateczności agregatu	165
7.5. Analiza sterowalności i obserwowalności modeli agregatu transportowego	171
7.5.1. Analiza sterowalności	171
7.5.2. Analiza obserwowalności.....	173
8. PODSUMOWANIE I WNIOSKI.....	175
8.1. Ogólna charakterystyka wyników pracy – koncepcja systemu sterowania pojazdem... ..	175
8.2. Proponowane kierunki dalszych badań	179
LITERATURA	181
SPIS ILUSTRACJI	191
STRESZCZENIE	199
SUMMARY.....	201