

# Tendencje rozwojowe w budowie skrzyń biegów samochodów osobowych w aspekcie zużycia paliwa

Wawrzyniec Gołębiewski, Tomasz Stoeck

## Streszczenie

W artykule przedstawiono tendencje rozwojowe w budowie skrzyń biegów znajdujących zastosowanie w samochodach osobowych. Zwrócono uwagę na aspekt zużycia paliwa tych podzespołów. Skupiono się na tematyce sprawności ogólnej manualnych, automatycznych stopniowanych, automatycznych bezstopniowych (CVT) i zautomatyzowanych skrzyń biegów. Zauważono, że manualne skrzynie biegów nadal są jednymi z najbardziej ekonomicznych.

**Słowa kluczowe:** manualne skrzynie biegów, automatyczne skrzynie biegów, zautomatyzowane skrzynie biegów, DSG, PDK, CVT, toroidalne przekładnie automatyczne, Zeroshift.

## Wstęp

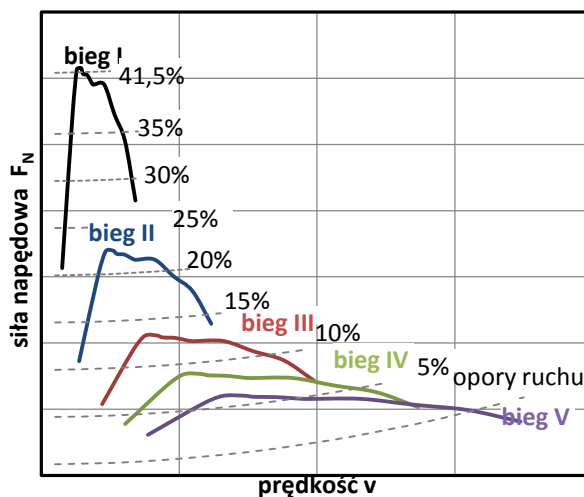
Istotnym podzespołem w łańcuchu przeniesienia momentu napędowego jest skrzynia biegów, która jest umieszczona pomiędzy sprzęgłem a przekładnią główną. Umożliwia zmianę przełożenia układu przeniesienia napędu, jazdę do tyłu pojazdu oraz odłączenie silnika od układu przeniesienia napędu przy włączonym sprzęgle. Dwie z trzech powyższych funkcji, wraz z sterowaniem pracą silnika poprzez pedał przyspieszenia, pozwalają na transformację wartości momentu napędowego na kołach oraz na dobór pożądaną przez kierowcę prędkości pojazdu [1, 2]. Dostosowanie tych wielkości do aktualnych oporów ruchu oraz zdolność do osiągania określonych przyspieszeń, możliwość pokonywania wzniesień oraz uzyskiwanie prędkości maksymalnej są parametrami opisywanymi poprzez wykres trakcyjny pojazdu [3,4] (rys.1).

Charakterystyka ta, uwzględnia podstawowe opory ruchu (opory toczenia i opory powietrza) i opory wzniesienia oraz przedstawia zależność siły napędowej od prędkości pojazdu [3,4] dla stopniowej (manualnej) skrzyni biegów. Ten typ przekładni jest tylko jednym z wielu zastosowanych w pojazdach samochodowych. Literatura [1,2] wyróżnia szereg typów klasyfikacji tego podzespołu napędowego.

Dokładniejszy podział skrzyń biegów rozpatrując kryterium sterowania został przedstawiony na rys.2. Podzespół ten ewaluował w swojej budowie i zasadzie działania. Niektóre z rozwiązań mają tylko znaczenie historyczne lub nie znajdują szerszego zastosowania (np. przekładnie zębate o stałych osiach obrotu z kołami zębatymi przesuwными).

Autorzy publikacji postanowili zwrócić uwagę na rozwiązania aktualnie stosowane, których rozwój w budowie i zasadzie działania podzespołu ma znaczący wpływ na zużycie paliwa pojazdu. Publikacja przybliży koncepty manualnych

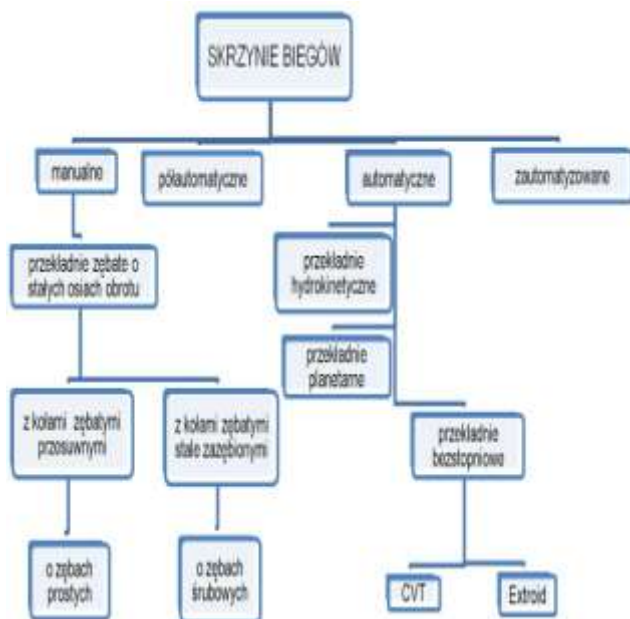
skrzyń biegów (przekładnie zębate o stałych osiach obrotu z kołami zębatymi stale zazębianymi), jak i automatycznych skrzyń biegów (przekładnie hydrokinetyczne współpracujące z przekładniami planetarnymi). Tendencje rozwojowe w budowie skrzyń biegów można zauważyć w przypadku automatycznych przekładni bezstopniowych (CVT, Extroid) oraz zautomatyzowanych wersji tego podzespołu (skrzynia biegów współpracująca ze sprzęgłem DSG) [1, 2].



Rys. 1. Wykres trakcyjny pojazdu ze stopniową skrzynią biegów (opracowanie własne)

## 1. Cel pracy

Celem publikacji jest przybliżenie tendencji rozwojowych w budowie skrzyń biegów osobowych pojazdów samochodowych oraz porównanie ich pod kątem zużycia paliwa.



Rys. 2. Ogólny podział skrzyń biegów ze względu na sterowanie [opracowanie własne na podstawie [1, 2]]

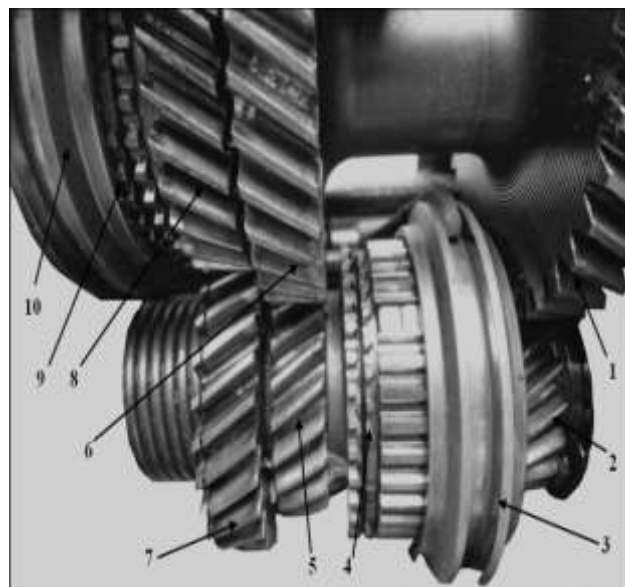
## 2. Budowa i zasada działania skrzyń biegów stosowanych w samochodach osobowych

Manualne przekładnie pięciobiegowe są nadal najbardziej popularnym i uniwersalnym modulem przeniesienia napędu samochodów osobowych. Pojazdy z ręcznymi skrzyniami biegów wyposażone są z reguły w przekładnie zębate stale zazębiane. Z punktu widzenia rozwoju są one lepsze od stosowanych wcześniej przekładni o kołach zębatych przesuwanych, ponieważ wybór biegu jest zdecydowanie prostszy dla kierowcy, a praca przekładni jest mniej hałaśliwa (dzięki zastąpieniu zębów prostych zębami śrubowymi) oraz skrzynka charakteryzuje się większą trwałością (mniejsze zużycie się obrzeży zębów śrubowych w porównaniu z prostymi) [1, 2]. Schemat fragmentu budowy takiej przekładni zademonstrowano na rys. 3.

Skrzynie przekładniowe wyposażone w podwójne sprzęgło swoją konstrukcją i zasadą działania przypominają standardowe manualne skrzynie biegów z kołami stale zazębianymi. Zasadniczą różnicą w budowie jest występowanie w nich dwóch wałków sprzęgłowych (jeden umieszczony wewnątrz drugiego), wałek główny (zdawczy) jest analogiczny. Wybór poszczególnego biegu następuje przez ruch wodzika, który przemieszcza poprzez widełki odpowiedni synchronizator i włącza poszczególną parę współpracujących kół zębatych. Za sterowanie ruchem wodzików odpowiadają siłowniki hydrauliczne działające pod wpływem medium jakim jest olej przekładniowy.

Jednostka sterująca przekładni na podstawie ustawionego automatycznego trybu skrzynki (D - tryb normalnej jazdy, N - położenie luzu, R - bieg wsteczny, P - parkowanie) i podtrybu (comfort – jazda komfortowa i ekonomiczna, zmiana przełożeń przy niższych prędkościach obrotowych, sport – jazda sportowa dynamiczna, zmiana przełożeń przy wyższych prędkościach obrotowych, etc.) i sygnałów z czujników prędkości obrotowej silnika, pedału przyspieszenia, pedału hamulca, oraz czujnika załączonego biegu umieszczonego w skrzyni biegów decyduje o uruchomieniu odpowiedniego

zaworu hydraulicznego, w wyniku czego następuje przepływ oleju przekładniowego do poszczególnego siłownika uruchamiającego określone przełożenie. Skrzynia oferuje nie tylko opisane powyżej sterowanie automatyczne, ale także manualne sekwencyjne, polegające na zmianie biegów przy pomocy łopatek umieszczonych za kierownicą o jeden bieg w górę lub w dół [1, 2].



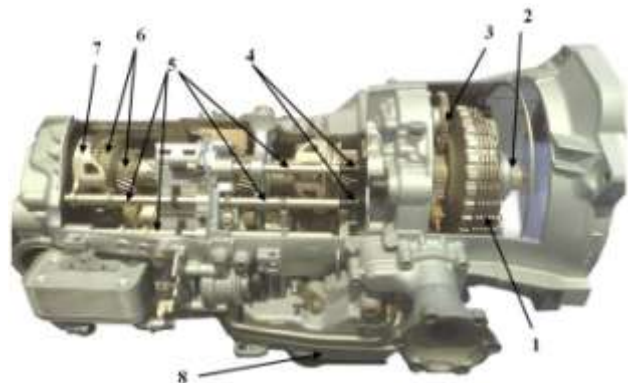
Rys. 3. Manualna skrzynia biegów z kołami zębatymi stale zazębianymi zablokowanego układu napędowego: 1 – koło zębate pierwszego biegu wałka głównego, 2 - koło zębate pierwszego biegu wałka sprzęgłowego, 3,10 - pierścień przesuwany synchronizatora, 4,9 - wieniec sprzęgła zębatego synchronizatora, 5- koło zębate drugiego biegu wałka sprzęgłowego, 6 - koło zębate drugiego biegu wałka głównego, 7 - koło zębate trzeciego biegu wałka sprzęgłowego, 8 - koło zębate trzeciego biegu wałka głównego [opracowanie własne]

Istotnym typem przekładni biegów są automatyczne przekładnie planetarne. Występuje ich kilka, a każda z nich składa się z koła słonecznego o zazębieniu zewnętrznym, satelity oraz koła koronowego o zazębieniu wewnętrznym. Określone przełożenie jest realizowane przez zahamowanie bądź połączenie koła słonecznego lub satelity. Hamulce bądź sprzęgła poszczególnych przekładni planetarnych są sterowane poprzez zawory hydrauliczne (przepływ oleju przekładniowego). Przekładnie cechuje wysoka trwałość oraz możliwość błyskawicznej zmiany przełożenia [1, 2].

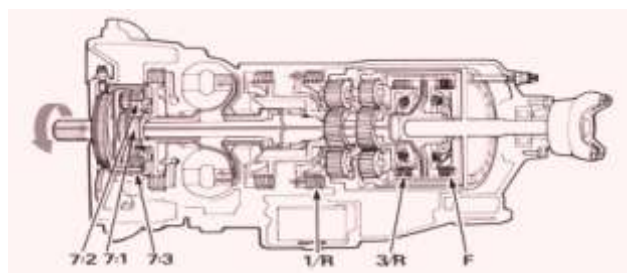
Innym rozwiązaniem jest przekładnia hydrokinetyczna. Budowa i zasada jej działania jest podobna do sprzęgła hydrokinetycznego. Pomiędzy pompą i turbiną występuje dodatkowy element nazywany kierownicą, który zapewnia uzyskanie momentu reakcyjnego (np. wskutek pojawienia się dodatkowych oporów ruchu), a więc zmianę przełożenia w zależności od chwilowego zapotrzebowania na określoną siłę napędową na kołach pojazdu [1, 2].

Odrębnym wariantem skrzynek biegów są przekładnie bezstopniowe CVT. Istotą przeniesienia napędu jest połączenie dwóch zespołów kół stożkowych paskiem klinowym lub łańcuchem. Zmiana przełożenia następuje poprzez zsuwanie

stożków (regulacja średnicy na której pracuje pasek), a rozłączanie napędu następuje poprzez dodatkowe sprzęgło [5].



**Rys. 4.** Skrzynia biegów wyposażona w podwójne sprzęgło PDK: 1 – zespół podwójnego sprzęgła, 2 – zewnętrzny wałek sprzęgłowy, 3 – wieniec zębaty pompy oleju przekładniowego, 4 – siłowniki hydrauliczne, 5 – wodziki, 6 – koła zębate, 7 – widełki, 8 – jednostka sterująca przekładni [opracowanie własne]



**Rys. 5.** Automatyczna skrzynia biegów z przekładnią hydrokinetyczną i przekładniami planetarnymi [opracowanie własne]

Koncern Audi wspólnie z firmą LUK opracowały przeniesienie napędu przy pomocy łańcucha wielopłytkowego (skrzynia Multitronic). Układ sterowania przekładni ocenia szybkość naciśnięcia na pedał przyspieszenia i zmienia tryb skrzyni na sportową bądź ekonomiczną charakterystykę przełączania biegów, ale możliwa jest także ręczna zmiana przełożeń w sposób skokowy [5]. Niewątpliwą zaletą tej przekładni jest fakt poprawy komfortu jazdy i bieżącego dostosowania parametrów skrzyni biegów do warunków obciążenia. Zastosowanie znajduje nie tylko w samochodach firmy Audi, ale również w japońskich potentatach – koncernach Toyota i Subaru.

Specyficznym układem innej japońskiej firmy jest system Nissan Extroid CVT. Jest to przekładnia bezstopniowa stosowana w sportowych pojazdach samochodowych wykorzystująca rolki współpracujące z powierzchniami toroidalnymi stożków. Zmiana przełożenia jest zależna od kąta pochylenia rolek pośrednich, natomiast moment napędowy przekazywany jest wyłącznie przez tarcie, pomimo tego przekładnia ta może współpracować z silnikami o dużej pojemności skokowej [1].

Prototypową skrzynią biegów jest przekładnia Zeroshift. W jej konstrukcji zbliżonej do standardowej przekładni z kołami zębatymi stale zazębianymi wyeliminowano synchronizatory i zastąpiono je specjalnymi pierścieniami. Synchronizacja

między poszczególnymi biegami została uwarunkowana wartością momentu obrotowego oraz pracą automatycznego sprzęgła (standardowego wyposażenia zautomatyzowanych skrzyń biegów) [6].

### 3. Symulacyjne porównanie zużycia paliwa dla różnych typów skrzyń biegów

Istotnym parametrem charakteryzującym pracę skrzyni biegów jest przełożenie. Ten wskaźnik decyduje ile obrotów musi wykonać wał korbowy silnika, aby wałek główny skrzyni biegów wykonał jedną rotację. Ilość obrotów wału korbowego jest okupiona określonym zużyciem paliwa [3, 4].

Autorzy publikacji uznali, że należy wybrać wartości przełożeń dla manualnej skrzyni biegów i zastosować je także dla automatycznej przekładni planetarnej (w połączeniu z przekładnią hydrokinetyczną) oraz dla zautomatyzowanej przekładni dwusprzęgłowej (DSG).

**Tab. 1.** Wartości przełożeń skrzyni biegów i przekładni głównej – pojazd Fiat Panda [7]

pierwszy bieg ( $i_{sbI}$ )	3,909
drugi bieg ( $i_{sbII}$ )	2,158
trzeci bieg ( $i_{sbIII}$ )	1,345
czwarty bieg ( $i_{sbIV}$ )	0,974
piąty bieg ( $i_{sbV}$ )	0,766
przekładnia główna ( $i_{PG}$ )	3,438

Przekładnie bezstopniowe (CVT i Extroid) są podzespołami układu napędowego, które pracują w pewnym zakresie przełożeń [1,2]. Autorzy publikacji uznali, że stosują przełożenia wynikające z ruchu pojazdu z określoną prędkością przy założeniu pracy silnika przy obrotach, gdzie jego sprawność ogólna jest największa.

Najniższe jednostkowe zużycie paliwa dla obciążeń częściowych silnika Fiat Multijet 1,3 JTD występowało przy prędkości obrotowej 2400 obr/min (40 obr/s). Poprzez zastosowanie tej wartości oraz przykładowych prędkości pojazdu uzyskano następujące przełożenia:

**Tab. 2.** Wartości przełożeń bezstopniowych skrzyń biegów (CVT i Extroid)

$n$	$v$	$v$	$r_d$	$i_c$	$i_{PG}$	$i_{SB}$
[obr/s]	[km/h]	[m/s]	[m]			
40	44,00	12,22	0,27	5,549	3,438	1,614
40	52,80	14,67	0,27	4,624	3,438	1,345
40	51,65	14,35	0,27	4,727	3,438	1,375
40	92,72	25,75	0,27	2,634	3,438	0,766
40	115,89	32,19	0,27	2,107	3,438	0,613

gdzie:

$n$  – prędkość obrotowa wału korbowego silnika,  $v$  – prędkość pojazdu,  $r_d$  – promień dynamiczny koła,  $i_c$  – przełożenie całkowite układu napędowego,  $i_{PG}$  – przełożenie przekładni głównej,  $i_{SB}$  – przełożenie skrzyni biegów

W celu wyznaczenia wartości przełożeń dla bezstopniowych skrzyń biegów skorzystano z następującej zależności [3, 4]:

$$i_{SB} = \frac{2\pi \cdot n \cdot r_d}{v \cdot i_{PG}} \quad (1)$$

Decydującym wskaźnikiem dla analizy zużycia paliwa była sprawność ogólna różnych typów przekładni. Według literatury [8] w cyklu jezdnym przyjmowała ona następujące wartości:

- dla skrzyni biegów manualnych oraz DSG – 97%,
- dla automatycznych skrzyń biegów – 86%,
- dla przekładni bezstopniowych CVT – 88 %,
- dla przekładni bezstopniowych Extroid – 93%.

Chcąc wyznaczyć wartości symulacyjnego zużycia paliwa utworzono charakterystykę uniwersalną silnika Fiat Multijet 1,3 JTD umieszczonego w pojeździe Fiat Panda dla różnych typów skrzyń biegów (wartości przełożeń zostały podane powyżej).

W celu wykreślenia charakterystyki tego typu należało posiadać wartości podstawowych cech technicznych pojazdu, ale także warunki ruchu samochodu, które należało uznać za stałe. Dane te zostały przedstawione w tab.3, pozwoliły one na poprowadzenie krzywych momentów oporowych.

**Tab. 3.** Charakterystyka techniczna pojazdu [7] oraz warunki ruchu [3, 4]

$G_c$	14273,55	[N]	siła ciężkości (ciężar całkowity) pojazdu
$f_t^0$	0,012	-	współczynnik podstawowego oporu toczenia (gładki asfalt)
$A_t$	0,00005	[s <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	współczynnik dodatkowego oporu toczenia
$c_x$	0,33	-	bezwymiarowy współczynnik oporu powietrza
$A$	2,19	[m <sup>2</sup> ]	pole powierzchni czołowej pojazdu
$r_d$	0,27	[m]	promień dynamiczny koła

Momenty oporowe należało przyrównać do momentu napędowego na kołach pojazdu. Zostały one wyznaczone, dla poszczególnych przełożeń różnych typów skrzyń biegów, zgodnie z relacjami [3, 4]:

$$T_{tqOP} = T_{tqK} \quad (2)$$

$$F_{OPfd} = T_{tq} \cdot \eta \cdot i_{SB} \cdot i_{PG} \quad (3)$$

$$\frac{(F_t + F_p) \cdot r_d}{\eta \cdot i_{SB} \cdot i_{PG}} = T_{tq} \quad (4)$$

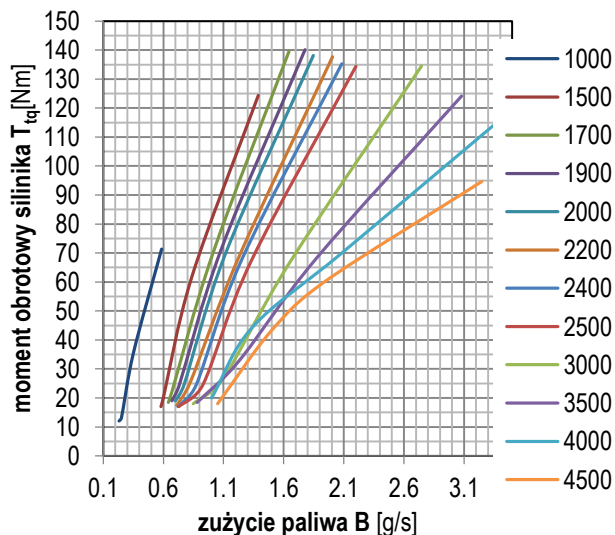
$$\frac{[f_t^0 \cdot (1 + A_t \cdot v^2) \cdot G_c + 0,579 \cdot (c_x \cdot A \cdot v^2)] \cdot r_d}{\eta \cdot i_{SB} \cdot i_{PG}} = T_{tq} \quad (5)$$

gdzie:

$T_{tqOP}$  – moment oporowy [Nm],  $T_{tqK}$  – moment napędowy na kołach [Nm],  $F_{OP}$  – opory ruchu [N],  $r_d$  – promień dynamiczny koła [m],  $T_{tq}$  – moment obrotowy wału korbowego silnika [Nm],  $\eta$  – sprawność układu napędowego,  $i_{SB}$  – przełożenie skrzyni biegów,  $i_{PG}$  – przełożenie przekładni głównej,  $F_t$  – opór toczenia [N],  $F_p$  – opór powietrza [N],  $f_t^0$  – współczynnik podstawowego oporu toczenia,  $A_t$  - współczynnik dodatkowego oporu toczenia

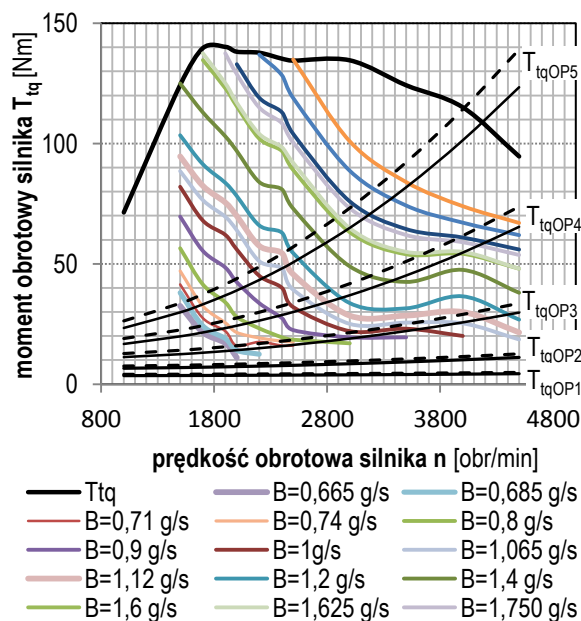
[s<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>],  $v$  – prędkość pojazdu [m/s],  $G_c$  – siła ciężkości (ciężar całkowity) pojazdu [N],  $c_x$  – bezwymiarowy współczynnik oporu powietrza,  $A$  – pole powierzchni czołowej pojazdu [m<sup>2</sup>].

W celu wykreślenia charakterystyki uniwersalnej należało wykorzystać charakterystykę zewnętrzną oraz obciążeniową przedstawioną na rys. 6.



**Rys. 6.** Charakterystyka obciążeniowa silnika FIAT Multijet 1,3 JTD

Charakterystyka obciążeniowa przedstawiała linie momentu obrotowego silnika w zależności od zużycia paliwa dla poszczególnych prędkości obrotowych silnika. Pozwalała na ustalenie wartości zużycia paliwa dla określonych wartości momentów oporowych dla różnych typów skrzyń biegów.



**Rys. 7.** Charakterystyka uniwersalna silnika FIAT Multijet 1,3 JTD

Charakterystyka uniwersalna prezentowała parametry silnika, takie jak moment obrotowy silnika czy masowe zużycia paliwa (B). Linie ciągłe koloru czarnego przedstawiały momenty oporowe dla skrzyni manualnej i DSG, natomiast linie

przerwane koloru czarnego momenty oporowe dla skrzyni automatycznej (przekładnia planetarna).

Odczytując wielkość zużycia paliwa dla poszczególnych prędkości obrotowych silnika oraz wartości momentów oporowych (punkty przecięcia się linii n-B –  $T_{tqOP}$ ) dla określonych biegów utworzono tab. 4.

**Tab. 4. Porównanie zużycia paliwa skrzyń manualnych, automatycznych i zautomatyzowanych (DSG)**

n	bieg	v	B - M, DSG	B - A	A+
[obr/min]		[km/h]	[g/s]	[g/s]	[%]
2000	III	44,00	0,685	0,710	3,65%
2400	III	52,80	0,710	0,740	4,23%
1700	IV	51,65	0,665	0,685	3,01%
2400	V	92,72	1,065	1,120	5,16%
3000	V	115,89	1,625	1,750	7,69%

gdzie: n – prędkość obrotowa silnika, v – prędkość pojazdu, B – zużycie paliwa (M - manualna skrzyni biegów, DSG – zautomatyzowana skrzynia dwusprzęgłowa, A – automatyczna przekładnia planetarna), A+ - wzrost zużycia paliwa

Na jej podstawie można wywnioskować, że zużycie paliwa dla automatycznej skrzyni biegów jest wyższe w porównaniu z manualnym i zautomatyzowanym (DSG) jej odpowiednikiem.

Dla podanych prędkości pojazdu (odpowiadającym określonym prędkościom obrotowym silnika) waha się w granicach od 3,01 do 7,69% większego zużycia paliwa.

Symulacyjną analizę zużycia paliwa przeprowadzono również dla bezstopniowych skrzyń biegów (CVT, Extroid). Wartości przełożeń wykorzystanych w obliczeniach zostały zaprezentowane w tab.2.

W celu wyznaczenia wartości momentów oporowych silnika wynikających z wartości tych przełożeń wykorzystano relację (5) (tab. 5).

**Tab. 5. Momenty oporowe dla bezstopniowych skrzyń biegów**

v	i <sub>SB</sub>	T <sub>tqOP</sub>	
		CVT	Extroid
[km/h]		[Nm]	[Nm]
44,00	1,614	13,00	12,30
52,80	1,345	17,46	16,52
51,65	1,375	16,82	15,92
92,72	0,766	52,95	50,11
115,89	0,613	89,39	84,59

Poszczególne wartości momentów oporowych odpowiadały określonemu zużyciu paliwa. Porównanie tej wielkości dla skrzyń bezstopniowych zostało przedstawione w tab. 6.

Z tab.6. można wywnioskować, że zużycie paliwa dla bezstopniowych skrzyń biegów pozwala na minimalizację tego parametru w porównaniu z manualnymi skrzyniami biegów. Jest to jednak realizowane tylko w pewnym zakresie prędkości

pojazdu. Zużycie paliwa, dla przekładni bezstopniowych, w porównaniu z zębatymi przekładniami mechanicznymi jest:

- wyższe dla prędkości 51,65 km/h – o 8,27 % (CVT), o 6,02 % (Extroid),
- najniższe dla prędkości 44 km/h – mniejsze o 9,49 % (przekładnia bezstopniowa),
- najniższe dla prędkości 115,89 km/h – mniejsze o 10,77 % (przekładnia toroidalna).

**Tab. 6. Porównanie zużycia paliwa skrzyń bezstopniowych**

n	v	B CVT	B Extroid	CVT+	Extroid +
[obr/min]	[km/h]	[g/s]	[g/s]	[%]	[%]
2400	44,00	0,62	0,65	-9,49%	-5,11%
2400	52,80	0,73	0,71	2,82%	0,00%
2400	51,65	0,72	0,705	8,27%	6,02%
2400	92,72	1,11	1,08	4,23%	1,41%
2400	115,89	1,51	1,45	-7,08%	-10,77%

gdzie: n – prędkość obrotowa silnika, v – prędkość pojazdu, B – zużycie paliwa, CVT+ - wzrost zużycia paliwa skrzyni CVT, Extroid+ - wzrost zużycia paliwa skrzyni Extroid

Wyższe wartości zużycia paliwa niż w przypadku manualnych skrzyń biegów zrekomensowano pewnymi koncepcjami mającymi na celu minimalizację tego parametru.

## 4. Koncepcje mające na celu minimalizację zużycia paliwa

Ideą mającą na celu zmniejszenie zużycia paliwa podczas eksploatacji manualnych skrzyń biegów z przekładniami stale ząbionymi jest zastosowanie dodatkowego lub dodatkowych przełożeń [9]. Przykładowo wprowadzenie do przekładni dodatkowego szóstego biegu (dla skrzyni pięciobiegowej) realizuje założony powyżej efekt podwyższając przy tym sprawność układu.

Dla wysokich wartości tego wskaźnika równie ważny jest moment zmiany biegów. Długi czas tej czynności powoduje przerwanie płynnego przenoszenia mocy w układzie napędowym. Skrzynie biegów wyposażone w przekładnie dwusprzęgłowe DSG niwelują ten problem do minimum. Chwila zmiany przełożeń w trybie automatycznym jest nieodczuwalna dla kierowcy. Producenci modułów wyposażonych w ten układ sugerują, że ma to istotny wpływ na zużycie paliwa, strategia ta zmniejsza ten parametr eksploatacyjny nawet o 13% [10].

Niemale znaczenie dla momentów zmian biegów (skrzynie automatyczne i zautomatyzowane) ma również adaptacyjny program sterowania. Pozwala na wybór trybu za pomocą przełącznika umieszczonego przy dźwigni zmiany biegów (program ekonomiczny, sportowy bądź zimowy).

Zmniejszenie zużycia paliwa poprzez zwiększenie sprawności dla automatycznych skrzyń biegów (wyposażonych w przekładnie hydrokinetyczną oraz planetarną) jest realizowane poprzez zastosowanie sprzęgła blokującego. W pewnych warunkach ruchu pojazdu łączy ono na stałe element napędzający z elementami napędzanymi, co zdecydowanie zmniejsza zjawisko poślizgu występujące w przekładni hydrokinetycznej [1, 2, 9].

Prototypowa skrzynia biegów Zeroshift, podobna w budowie do przekładni zębatej z kołami zębatymi stale ząbionymi, poprzez innowacyjne rozwiązanie (zastosowanie specjalnych

pierścieni) zastępujące synchronizatory pozwala na minimalizację zużycia paliwa o 2% w stosunku do manualnych przekładni [6].

### 5. Wnioski

Z przeprowadzonej analizy symulacyjnej zużycia paliwa należy wywnioskować, że:

- manualne skrzynie biegów nadal są przekładniami, które cechuje najniższe zużycie paliwa,
- zautomatyzowane dwusprzęgłowe skrzynie DSG charakteryzuje podobna sprawność,
- automatyczne skrzynie biegów z przekładnią hydrokinetyczną opisuje wyższe zużycie paliwa w porównaniu z poprzednimi dwiema,
- przekładnie bezstopniowe charakteryzują się niższą sprawnością w porównaniu z manualną skrzynią biegów,
- w pewnym zakresie są w stanie zapewnić niższe zużycie paliwa co jest bezpośrednio związane z doбором dokładnej wartości przełożenia do aktualnych warunków ruchu.

### Bibliografia

1. Micknass W., Popiol R., Sprenger A.: Sprzęgła, skrzynki biegów, wały i półosie napędowe. WKŁ, Warszawa 2004.
2. Gabryelewicz M.: Podwozia i nadwozia pojazdów samochodowych 1. Podstawy teorii ruchu i eksploatacji oraz układ przeniesienia napędu. WKŁ, Warszawa 2012.
3. Lisowski M.: Teoria ruchu samochodu. Teoria napędu. Politechnika Szczecińska. Szczecin 2003.
4. Prochowski L.: Mechanika ruchu. WKiŁ, Warszawa 2008.
5. Radziwanowicz A., Szpica D.: Konstrukcja skrzyni biegów opartej o przekładnię CVT. Zagadnienia konstrukcji i eksploatacji maszyn i pojazdów. Lublin 2010.
6. Zeroshift. A seamless Automated Manual Transmission (AMT) with no torque interrupt. 2007.
7. Zembowicz J.: Fiat Panda. WKŁ, Warszawa 2008.
8. Zeroshift. Seamless AMT offers efficient alternative to CVT. JSAE Annual Congress 2007.
9. Ślaski G.: Oszczędności paliw dzięki nowoczesnym rozwiązaniom w automatycznych skrzyniach biegów. Politechnika Poznańska. Poznań 2011.
10. www.zf.com

## Development trends in the construction of transmissions of passenger cars in terms of fuel consumption

### Abstract

The article presents the development of the construction of gearboxes used in passenger cars. The aspect of fuel consumption of these components is taken into consideration. The paper focuses on the overall efficiency of a manual, automatic and continuously variable transmissions (CVT). It is noted that the manual transmissions continue to be found in the group of the most economical ones.

**Key words:** manual transmissions, automatic transmissions, DSG, PDK, CVT, toroidal automatic transmissions, Zeroshift.

### Autorzy:

Mgr inż. **Wawrzyniec Gołębiowski** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Dr inż. **Tomasz Stoeck** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie