

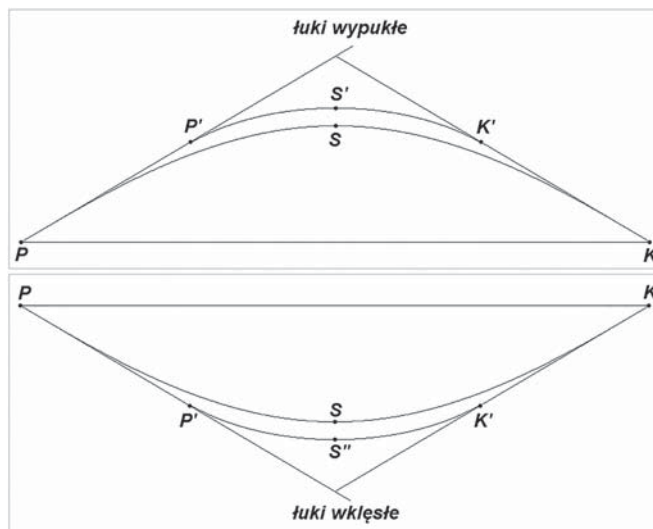
Należy również stwierdzić, że – przy takiej samej wartości minimalnego promienia krzywizny pionowej – zmniejszenie średniej wartości pochylenia na wzniesieniu uzyska się w inny sposób. Zgodnie z rys. 14.1 jest to możliwe przez zastosowanie łuku pionowego w postaci wierzchołkowych krzywych przejściowych, czyli krzywych o wspólnej stycznej i tej samej wartości promienia krzywizny w punkcie styku. Inną możliwością, zamiast wierzchołkowych krzywych przejściowych, jest użycie ogólnych krzywych przejściowych. W związku z tym wyokrąglenie wypukłych albo wklęsłych załomów niwelety z użyciem krzywych przejściowych (wariant B) byłoby alternatywą dla tradycyjnego rozwiązania wykorzystującego łuki kołowe lub paraboliczne drugiego stopnia (wariant A). Przy tej samej wartości minimalnego promienia krzywizny R odcinek niwelety wyznaczony przez punkty PP'S'K'K w podejściu tradycyjnym (wariant A) zostałby zastąpiony odcinkiem PSK w podejściu proponowanym (wariant B).

W stosunku do łuku kołowego o określonej wartości promienia krzywizny R lub łuku paraboli kwadratowej o minimalnym promieniu krzywizny równym R , krzywe przejściowe charakteryzuje to, że – przy jednakowej zmianie pochylenia stycznych między początkiem a końcem łuku – przejście do tej samej wartości promienia krzywizny R następuje na większej długości łuku. W rezultacie mniejsza staje się również średnia wartość pochylenia stycznej do krzywej, liczonego względem stycznej w punkcie początkowym łuku. Jeśli porównać ze sobą powyższe odcinki niwelety w obydwu wariantach, to w wariantcie B średnie pochylenie niwelety na wzniesieniu lub spadku jest bezsprzecznie mniejsze niż w tradycyjnym wariantcie A. W rezultacie można oczekiwać odpowiedniego zmniejszenia zużycia paliwa przez poruszające się pojazdy, przy czym stopień tej redukcji byłby oczywiście zależny również od rodzaju pojazdów.

14.1. Wpływ pochylenia podłużnego na zużycie paliwa w świetle norm i przepisów

W polskich normach i przepisach technicznych brak jest aktualnych materiałów źródłowych, które mogłyby stanowić punkt wyjścia dla analiz mających na celu określenie zależności zużycia paliwa od pochylenia podłużnego drogi, a w rezultacie – od geometrycznego kształtu niwelety. Nieaktualne już, krajowe normy zużycia paliwa przez pojazdy samochodowe zawierają ponadto ustalenia dość ogólne, bo przykładowo w stosunku do zużycia paliwa na drogach o pochyleniu 0% przewidują zwiększenie zużycia paliwa na drogach o wzniesieniu 5% w wysokości 60% dla samochodów ciężarowych samowyladowczych oraz średnio o 40% dla pozostałych pojazdów samochodowych. Poza jednym zarządzeniem [MK, 1975] nie istnieją żadne inne normatywy, które można by wykorzystać do tego celu. W innych krajach, np. w Niemczech, problem ten znalazł odzwierciedlenie w odpowiednich

przepisach na przestrzeni ostatnich kilkadziesiąt lat [FGSV, 1971, 1986, 1997]. Z tego powodu autor niniejszego opracowania wykorzystał wytyczne [FGSV, 1997], przedstawiające kompleksowe podejście do zagadnień zużycia paliwa i związanego z tym wpływu emitowanych spalin na środowisko naturalne, w swoich badaniach, których celem była weryfikacja zasadności proponowanego podejścia do kształtowania łuków pionowych z użyciem krzywych przejściowych.



Rys. 14.1. Dwa rodzaje łuków pionowych: paraboliczny (P'S'K') i utworzony przez krzywe przejściowe (PSK)

Wytyczne te przewidują podział pojazdów na następujące grupy:

- SB – samochody osobowe z silnikiem benzynowym,
- SD – samochody osobowe z silnikiem Diesla,
- CN – samochody ciężarowe 2,8–3,5 t,
- CS – samochody ciężarowe > 3,5 t, pojazdy specjalne oraz pojazdy rolnicze,
- CZ – samochody ciężarowe z naczepami/przyczepami,
- BR – autobusy turystyczne,
- BL – autobusy liniowe.

Dla każdej z tych grup pojazdów można na podstawie [FGSV, 1997] oszacować łączne zużycie paliwa przez pojazdy poruszające się po określonym odcinku drogi w odniesieniu do przyjętego roku porównawczego. Rok porównawczy należy rozumieć w ten sposób, że odnoszące się do niego odpowiednie wartości liczbowe wyznacza się, korzystając z danych wyjściowych określonych dla roku bazowego 1990 oraz z przynależnych współczynników redukcyjnych (*WR*). Łączne zużycie paliwa w przyjętej grupie pojazdów (*GP*) na przyjętym *i*-tym odcinku drogi i w przyjętym

kierunku K (z pominięciem odchyłeń od normalnego zużycia w przypadku nierozgrzanych silników) określa się jako:

$$\overline{ZP}_{i,K} = \sum_{GP} \sum_t ZP_{GP} \{v_{GP,TD}(N_{i,K,t,GP}), w_{i,K}, R\} \cdot N_{i,K,t,GP} \cdot T \cdot D_i \quad (14.1)$$

gdzie:

- t – numer okresu czasu z relatywnie jednakowym przebiegiem ruchu,
- T – długość okresu z relatywnie jednakowym przebiegiem ruchu,
- GP – badana grupa pojazdów,
- D_i – długość i -tego odcinka drogi,
- TD – typ drogi,
- $w_{i,K}$ – pochylenie podłużne i -tego odcinka drogi w kierunku K ,
- R – rok porównawczy,
- $N_{i,K,t,GP}$ – natężenie ruchu pojazdów danej grupy GP na i -tym odcinku drogi w kierunku K w czasie t o relatywnie jednakowym przebiegu ruchu,
- $V_{GP,TD}(N_{i,K,t,GP})$ – prędkość w grupie pojazdów GP na i -tym odcinku drogi w kierunku K w zależności od natężenia ruchu t oraz typu drogi,
- $ZP_{GP}(v,w,R)$ – współczynnik zużycia paliwa przez rozgrzane silniki w grupie pojazdów GP .

Współczynniki zużycia paliwa $ZP_{GP}(v,w,R)$ składają się z trzech składników:

- $WZ_{GP}(v)$ – współczynnika zużycia paliwa odnoszącego się do rozgrzanego silnika w zależności od prędkości ruchu v ,
- $WK_{GP}(v,w)$ – współczynnika korekcyjnego ze względu na pochylenie podłużne w drogi,
- $WR_{GP}(R)$ – współczynnika redukcyjnego z tytułu postępu technicznego w kolejnych latach porównawczych.

Współczynnik zużycia paliwa przy założeniu jazdy z rozgrzanym silnikiem jest zależny od prędkości ruchu v i przy $v > 20$ km/h wyraża się następującą funkcją regresji:

$$WZ_{GP}(v) = c_0 + c_1 v^2 + \frac{c_2}{v} \quad (14.2)$$

przy czym parametry c_0 , c_1 i c_2 odnoszą się do roku 1990 i zostały zamieszczone w tabeli 14.1.

Wpływ pochylenia podłużnego w na współczynnik zużycia paliwa dla samochodów osobowych (grupa SB i SD) w zakresie normalnych prędkości ruchu określany jest za pomocą współczynnika korekcyjnego $WK_S(v, w)$, który zapewnia uzyskanie wartości współczynnika równej jedności przy pochyleniu niwelety $w = 0$, czyli spełnienie warunku $WK_{GP}(v, w = 0) = 1$, i ma postać:

$$WK_s(v, w) = \exp \left[\left(c_0 - \frac{(v - v_0)^2}{c_1} \right) \cdot (c_2 w + c_3 w^2) \cdot 10^{-6} \right] \quad (14.3)$$

Dla wszystkich innych grup pojazdów stosuje się natomiast wzór:

$$WK_p(w) = \exp \left[w c_1 \cdot (1 + c_2 w - c_3 w^2) \right] \quad (14.4)$$

Wartości współczynników c_0 , c_1 , c_2 i c_3 są podane w tabeli 14.2.

Tabela 14.1. Parametry wskaźników zużycia paliwa (WZ) zależnych od prędkości dla różnych grup pojazdów

Grupa pojazdów	c_0	c_1	c_2
SB	17,7766	0,0023606	1461,87
SD	18,9647	0,0020625	1139,17
CN	37,7695	0,0054534	1582,97
CS	31,7385	0,0151013	4048,32
CZ	139,5313	0,0111448	3984,71
BR	95,2499	0,0083955	4927,30
BL	147,4672	0	4220,44

Tabela 14.2. Współczynniki korekcyjne (WK) ze względu na pochylenie podłużne dla różnych grup pojazdów

Grupa pojazdów	v_0	c_0	c_1	c_2	c_3
SB	110,0	2262,0	6,52	69,89	2,485
SD	110,0	2262,0	6,52	69,89	2,485
CN			0,1055	0,0720	0,00571
CS			0,1328	0,0650	0,00954
CZ			0,2047	0,0456	0,00997
BR			0,1409	0,1027	0,01177
BL			0,1211	0,0012	0,00567