

Arkadiusz KAMPCZYK<sup>1</sup>

## POMIAR STRZAŁEK W TORZE ZWROTNYM ROZJAZDU PRZYKŁADNICĄ MAGNETYCZNO- POMIAROWĄ

W artykule zawarto wyniki badań możliwości użycia autorskiej przykładnicy magnetyczno-pomiarowej w pomiarach strzałek na stałej cięciwie 14.0 m. Pomiar wykonano w torze zwrotnym rozjazdu zwyczajnego typu S60 – 1:9 – 300, kierunku lewego o promieniu  $R_p=300$  m w trybie z linką pomiarową oraz z dalmierzem laserowym. Dokonano konfrontacji z wynikami pomiarów uzyskanych za pomocą przyrządu drutowego – strzałkomierza stosowanego przez Zespoły Diagnostyczne Nawierzchni i Podtorza Kolejowego oraz Geodezji Kolejowej w tego typu pomiarach. Badania przeprowadzono w odniesieniu do pomiarów strzałek montażowych i eksploatacyjnych. Pomiar strzałek na stałej cięciwie umożliwił sprawdzenie stanu krzywizny toru zwrotnego rozjazdu. Badania wykazały praktyczność i uniwersalność zastosowania przykładnicy, prowadzącego do poprawy jakości prac montażowych i eksploatacyjnych oraz aktualizowania dokumentacji technicznej. Wyniki pomiarów strzałek są elementem składowym badań technicznych rozjazdów, rejestrowanych w arkuszach uzupełniających pomiaru strzałek na stałej cięciwie. Pomiar wykazał, że dla strzałki teoretycznej krzywizna toru zwrotnego równa 82 mm w środkowej części łuku posiada strzałkę praktyczną 96 mm. Przekroczona jest ona w środkowej części łuku o 14 mm, co odpowiada promieniowi istniejącemu w eksploatacji  $R_f=255$  m (teoretyczna wartość promienia wynosi  $R_p=300$  m). Przykładnica zapewnia prowadzenie pomiarów 14 mm poniżej górnej powierzchni tocznej szyny, jak również do dolnej krawędzi główki szyny dla pomiarów wartości strzałek. W artykule przedstawiono autorskie spostrzeżenia i wnioski. Praca niniejsza została wykonana w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.150.005.

**Słowa kluczowe:** strzałkomierz, krzywizna w rozjazdach, strzałki łuku toru, rozjazd zwyczajny, przykładnica magnetyczno-pomiarowa, MMS, dalmierz laserowy

### 1. Wprowadzenie

Sprawdzenie stanu krzywizny w rozjazdach przeprowadza się z zastosowaniem metody pomiaru strzałek na stałej cięciwie o długości zależnej od typu roz-

---

<sup>1</sup> Arkadiusz Kampczyk, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Katedra Geodezji Inżynierskiej i Budownictwa, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, e-mail: kampczyk@agh.edu.pl lub arkadiusz.kampczyk@gmail.com

jazdu. Pomiar strzałek wykonuje się za pomocą przyrządów pomiarowych zwanych strzałkomierzami lub z wykorzystaniem sprzętu geodezyjnego lub innego sprzętu dopuszczonego do stosowania przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Wyniki pomiarów strzałek są elementem składowym badań technicznych rozjazdów. J. Gocał w pracy Geodezja inżyniersko-przemysłowa, część II [3] w odniesieniu do torów kolejowych przedstawił pomiar strzałek z zastosowaniem:

- przyrządu drutowego (klocki drewniane oraz z uchwytami metalowymi);
- przyrządu optycznego;
- teodolitu.

Prace pomiarowe na czynnych rozjazdach, na których odbywa się ciągła eksploatacja taboru kolejowego (w tym przekładanie rozjazdów w tzw. drugie położenie), są utrudnione w zakresie zastosowania przyrządu optycznego oraz teodolitu. Pomiar strzałek z użyciem teodolitu są podatne na błędy pomiarowe ze względu na trudności w identyfikacji punktów pomiarowych określających wartości strzałek. W razie nagłej konieczności opuszczenia stanowiska pomiarowego z teodolitem z uwagi na przejeżdżający tabor kolejowy – wymagane jest ponowne: centrowanie, celowanie, przyłożenie łąty (podziałki milimetrowej) – które odbywa się w nieco inny sposób. Powstałe błędy pomiarowe mają charakter systematyczny. Jednocześnie potrzeba wielokrotnego i bardzo dokładnego centrowania teodolitu bardzo wydłuża czas pomiaru.

Z. Kędra w pracy [7] w rozdziale 10.1 pt. Montaż rozjazdów oraz H. Bałuch, J. Czubaczyński, S. Pelc w pracy pt. Montaż i wymiana rozjazdów [2] wskazują, że w praktyce możemy wyróżnić trzy rodzaje montażu rozjazdów kolejowych:

- terenowy;
- bazowy;
- bazowo-terenowy.

Bez względu na rodzaj montażu kolejność następujących po sobie czynności przy montowaniu rozjazdów tego samego rodzaju jest jednakowa [7]. Z. Kędra w pracy [7] oraz H. Bałuch, J. Czubaczyński, S. Pelc w pracy [2] stwierdzają, że dokładne ukształtowanie krzywizny toru zwrotnego jest jednym z najważniejszych warunków dobrego montażu rozjazdu, od niego bowiem zależy szybkość bocznego zużycia szyn, zmiana szerokości toru zwrotnego, zużycie podrozjazdnic i spokojność jazdy. Podczas montażu należy sprawdzić krzywiznę toru zwrotnego, posługując się dwiema metodami [7, 2]:

- współrzędnych prostokątnych (oparta na metodzie rzędnych i odciętych  $z_i, y_i$ );
- strzałek odmierzanych od nieruchomej cięciwy ( $x_i, f_i$ ). Pomiar strzałek opiera się na cięciwie wspartej o tok łukowy i jest pomiarem sprawdzającym. Zaletą tego pomiaru jest uniezależnienie się od toku toru zasadniczego.

Pomiar strzałek w torze zwrotnym w praktyce jest prowadzony jako:

- pomiar strzałek montażowych w torze zwrotnym rozjazdu według Instrukcji o organizacji i wykonywaniu pomiarów w geodezji kolejowej D-19 [9], zwany

pomiarem strzałek montażowych, w odniesieniu do wyłukowania rozjazdów zwyczajnych. Instrukcja D-19 została zastąpiona Standardem technicznym „O organizacji i wykonywaniu pomiarów w geodezji kolejowej” GK-1 [10]. Jednak GK-1 nie określa zasad pomiaru strzałek w torach zwrotnych rozjazdów – ani strzałek montażowych, ani eksploatacyjnych;

- pomiar strzałek eksploatacyjnych w torze zwrotnym rozjazdu według zaleceń Instrukcji o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów Id-4 (D-6) [8], zwany pomiarem strzałek eksploatacyjnych.

Pomiar strzałek prowadzi do utrzymania właściwego kształtu toków szynowych, a tym samym i osi toru. Jednak utrzymanie eksploatowanych rozjazdów kolejowych jest znacznie trudniejsze niż eksploatowanych torów. Większe oddziaływania dynamiczne pojazdów szynowych i zmiany sztywności w różnych strefach rozjazdów stanowią przyczynę szybszego pojawiania się w nich widocznych odkształceń i form zużycia, co stwierdza J. Bałuch w pracy pt. System oceny nierówności poziomych w rozjazdach kolejowych [1].

Pomiar strzałek na stałej cięciwie w torze zwrotnym rozjazdu z użyciem przykładowej magnetyczno-pomiarowej przeprowadzono w rozjeździe zwyczajnym nr 1 zlokalizowanym w miejscowości Borowiany na terenie województwa śląskiego (pomiar z dnia: 2.11.2016 r., opracowanie danych: 17.01.2017 r.), w kilometrze 20,821 linii kolejowej 144 Tarnowskie Góry – Opole Główne w torze nr 1, zakwalifikowanym jako tor główny zasadniczy czynny i eksploatowany. Rozjazd nr 1 jest typu S60 – 1:9 – 300, kierunku lewego. Charakteryzuje się zamknięciem suwakowym i krzyżownicą z dziobem zgrzewano – spawanym. Rozjazd wyprodukowano i wbudowano w 1980 r., podsypką jest tłuczeń naturalny, zastosowano podrozjazdnice drewniane.

Celem przeprowadzonych badań było sprawdzenie, czy istnieje możliwość użycia autorskiej przykładowej magnetyczno-pomiarowej (zgłoszenie patentowe: P.420214 [4]) w pomiarach strzałek w torze zwrotnym rozjazdu typu S60 – 1:9 – 300 w trybie:

- z linką pomiarową;
- z dalmierzem laserowym.

Dodatkowo wykonano pomiary z zastosowaniem przyrządu drutowego – strzałkomierza, wykorzystywanego w tego typu pomiarach przez Zespoły Diagnostyczne Nawierzchni i Podtorza Kolejowego oraz Geodezji Kolejowej. Pomiary te stanowiły odniesienie kontrolne dla pomiarów z zastosowaniem przykładowej magnetyczno-pomiarowej. Podczas prac mierzono strzałki montażowe i eksploatacyjne. W trakcie prowadzenia prac pomiarowych nie odbywał się ruch taboru kolejowego, co zapewniło wiarygodność i prawidłowość porównania wartości strzałek uzyskanych za pomocą różnych przyrządów i w różnych trybach pomiarowych. Wyniki pomiarów udzieliły również odpowiedzi na pytanie, w jakim stanie znajduje się krzywizna toru zwrotnego rozjazdu typu S60 – 1:9 – 300. W artykule przedstawiono autorskie spostrzeżenia i wnioski. Praca niniejsza została wykonana w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.150.005.

## 2. Regulacje prawne pomiaru strzałek na stałej cięciwie

Zgodnie z zaleceniami instrukcji Id-4 (D-6) [8] położenie torów zwrotnych w płaszczyźnie poziomej ocenia się na podstawie pomiarów strzałek na stałej cięciwie o długości zależnej od promienia toru zwrotnego. Pomiaru te są elementem składowym badań technicznych rozjazdów, które należy każdorazowo rejestrować w dzienniku oględzin i badań technicznych rozjazdów, tzw. D831, w arkuszach badań technicznych rozjazdów [5, 6] oraz w następujących arkuszach uzupełniających:

- pomiaru parametrów współpracy napęd–rozjazd – każdorazowo podczas badań technicznych rozjazdów;
- pomiaru drugich różnic (gradientów) wysokości rozjazdów/skrzyżowań toru przy kroku niwelacji 4 m – z częstotliwością określoną w § 7 ust. 4 Id-4 (D-6);
- pomiaru strzałek na stałej cięciwie – z częstotliwością określoną w § 7 ust. 4 Id-4 (D-6).

Pomiar strzałek, który od cięciwy umożliwia sprawdzenie prawidłowości krzywizny toru zwrotnego rozjazdu, należy wykonywać z dokładnością  $\pm 1$  mm. Przy odbiorze nowo zabudowywanych rozjazdów należy stosować tolerancje dopuszczalne określone w warunkach odbioru rozjazdu ODB lub warunkach technicznych wykonania i odbioru opracowanych przez producenta rozjazdu (tolerancje zaokrąglone) [8].

Według przepisów Instrukcji o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów Id-4 (D-6) [8] długości cięciw są uzależnione od typu i rodzaju rozjazdu, a ich długość wynosi odpowiednio:  $l=10.0$  m,  $l=14.0$  m,  $l=18.0$  m,  $l=21.0$  m,  $l=30.0$  m. Natomiast według zaleceń instrukcji D-19 [9] długości cięciw dla rozjazdów wynoszą odpowiednio:  $l=10.0$  m,  $l=14.0$  m,  $l=18.0$  m,  $l=23.0$  m,  $l=31.0$  m,  $l=15.0$  m,  $l=19.0$  m.

## 3. Pomiar strzałek montażowych w torze zwrotnym rozjazdu według instrukcji D-19

Pomiar strzałek montażowych w torze zwrotnym wykonano na cięciwie stałej o długości 14.0 m w łuku o promieniu 300 m. Pomiar przeprowadzono według zaleceń instrukcji D-19 [9]. Wartości strzałek odczytywano co 1.0 m, dodatkowo wyznaczając i odczytując jedną strzałkę nadliczbową  $f_s$ , występującą w miejscu łączenia zespołu szyn łączących z zespołem krzyżownicy (elementy złącza szynowego izolowanego klejono-sprężonego). Pomiar wykonano dwukrotnie (różnica dwukrotnego pomiaru nie wykazała rozbieżności większych niż 2 mm – tabela 1÷3), uzyskując uśrednione wartości strzałek za pomocą:

- przyrządu drutowego – strzałkomierza (rys. 1);
- przykładnicy magnetyczno-pomiarowej lewej i prawej wyposażonej w trzpień (boleć) z prowadnicą, płytkę krawędziową oraz w linkę pomiarową (rys. 2) i smyczek pomiarowy;

- przykładnicy magnetyczno-pomiarowej z nasadką dalmierza laserowego, sworzniem mocowania nasadki, uchwytem stabilizatora, płytką krawędziową, dalmierzem laserowym (rys. 3) oraz smyczkiem pomiarowym z adapterem smyczka pomiarowego (rys. 4).



Rys. 1. Przyrząd drutowy – strzałko-  
mierz

Fig. 1. Versine Measuring Device –  
a wire device



Rys. 2. Przykładnica magnetyczno-pomiarowa  
z linką pomiarową

Fig. 2. A magnetic-measuring square with taut –  
measuring line



Rys. 3. Przykładnica magnetyczno-pomiarowa z dalmierzem laserowym

Fig. 3. A magnetic-measuring square with the Laser Distance Measuring Device (rangefinder laser)



Rys. 4. Smyczek pomiarowy z adapterem  
smyczka pomiarowego

Fig. 4. A measuring archet with an embedded adapter of the measuring archet

W tabelach 1÷3 kolorem czerwonym oznaczono wartości strzałek projektowanych wraz z obliczonym promieniem  $R_p=301\text{ m} \approx 300\text{ m}$ . W odniesieniu do pomiarów wykonanych w poszczególnych trybach wyniki pomiarów oznaczono dla przyrządu:

- drutowego – strzałkomierza – kolorem szarym (tabela 1);
- magnetyczno-pomiarowego z linką pomiarową – kolorem czerwonym (tabela 2);
- magnetyczno-pomiarowego z dalmierzem laserowym – kolorem niebieskim (tabela 3).

Tabela 1. Arkusz pomiaru strzałki montażowej istniejącej - pomiar przyrządem drutowym

Table 1. Sheet for the measurement of the existing mounting arrow (Versines Assembly) - measurement with a wire device

Lp.	Miejsce pomiaru (pomiar co 1 m)	Wartość strzałki projektowanej [mm]	Wartość strzałki istniejącej - pomiar przyrządem drutowym		Wartość strzałki średniej istniejącej - pomiar przyrządem drutowym (Średnia) [mm]
			(Pomiar 1) [mm]	(Pomiar 2) [mm]	
0	$f_0$	0	0	0	0
1	$f_1$	21.6	21	23	22
2	$f_2$	39.9	40	42	41
3	$f_3$	54.9	57	58	58
4	$f_4$	66.5	73	75	74
5	$f_5$	74.8	87	87	87
6	$f_6$	79.8	92	91	92
7	$f_7$	81.5	94	96	95
8	$f_8$	79.8	92	91	92
9	$f_9$	74.8	88	89	89
10	$f_{10}$	66.5	81	83	82
11	$f_s$	56.3	74	74	74
12	$f_{11}$	54.9	72	72	72
13	$f_{12}$	39.9	55	53	54
14	$f_{13}$	21.6	30	28	29
15	$f_{14}$	0	0	0	0
	$R_p$	301		$R_i$	258

Tabela 2. Arkusz pomiaru strzałki montażowej istniejącej - pomiar przykładnicą z linką pomiarową

Table 2. Sheet for the measurement of the existing mounting arrow (Versines Assembly) - MMS with taut – measuring line

Lp.	Miejsce pomiaru (pomiar co 1 m)	Wartość strzałki projektowanej [mm]	Wartość strzałki istniejącej - pomiar przykładnicą z linką pomiarową		Wartość strzałki średniej istniejącej - pomiar przykładnicą z linką pomiarową
			(Pomiar 1) [mm]	(Pomiar 2) [mm]	(Średnia) [mm]
0	$f_0$	0	0	0	0
1	$f_1$	21.6	20	22	21
2	$f_2$	39.9	39	40	40
3	$f_3$	54.9	56	58	57
4	$f_4$	66.5	72	73	73
5	$f_5$	74.8	85	86	86
6	$f_6$	79.8	93	91	92
7	$f_7$	81.5	94	96	95
8	$f_8$	79.8	92	93	93
9	$f_9$	74.8	89	90	90
10	$f_{10}$	66.5	81	83	82
11	$f_s$	56.3	74	74	74
12	$f_{11}$	54.9	71	71	71
13	$f_{12}$	39.9	54	53	54
14	$f_{13}$	21.6	30	28	29
15	$f_{14}$	0	0	0	0
	$R_p$	301		$R_i$	258

Tabela 3. Arkusz pomiaru strzałki montażowej istniejącej - pomiar przykładnicą z dalmierzem laserowym

Table 3. Sheet for the measurement of the existing mounting arrow (Versines Assembly) - MMS with Laser Distance Measuring Device (laser rangefinder)

Lp.	Miejsce pomiaru (pomiar co 1 m)	Wartość strzałki projektowanej [mm]	Wartość strzałki odczytana z offsetem równoległym $f_{off}$ - pomiar przykładnicą z dalmierzem laserowym	Wartość strzałki geodezyjnej $f_g$ - pomiar przykładnicą z dalmierzem laserowym	Wartość strzałki odczytana z offsetem równoległym $f_{off}$ - pomiar przykładnicą z dalmierzem laserowym	Wartość strzałki geodezyjnej $f_g$ - pomiar przykładnicą z dalmierzem laserowym	Wartość strzałki średniej istniejącej - pomiar przykładnicą z dalmierzem laserowym
			(Pomiar 1) [mm]	(Pomiar 1) [mm]	(Pomiar 2) [mm]	(Pomiar 2) [mm]	(Średnia) [mm]
0	$f_0$	0	-32	0	-32	0	0
1	$f_1$	21.6	-5	27	-7	25	26
2	$f_2$	39.9	15	47	14	46	47
3	$f_3$	54.9	32	64	30	62	63
4	$f_4$	66.5	47	79	46	78	79
5	$f_5$	74.8	57	89	55	87	88
6	$f_6$	79.8	63	95	61	93	94
7	$f_7$	81.5	65	97	64	96	97
8	$f_8$	79.8	63	95	61	93	94
9	$f_9$	74.8	58	90	58	90	90
10	$f_{10}$	66.5	51	83	51	83	83
11	$f_s$	56.3	42	74	41	73	74
12	$f_{11}$	54.9	40	72	40	72	72
13	$f_{12}$	39.9	21	53	23	55	54
14	$f_{13}$	21.6	-4	28	-5	27	28
15	$f_{14}$	0	-32	0	-32	0	0
	$R_p$	301				$R_i$	254

Rysunek 5 zawiera interpretację graficzną strzałek montażowych w torze zwrotnym rozjazdu nr 1 w postaci wykresu strzałek teoretycznych, uzyskanych na podstawie wartości strzałek projektowanych oznaczonych kolorem czerwonym. Zawiera również wykres strzałek montażowych istniejących (uśrednionych) z pomiaru poszczególnymi przyrządami.

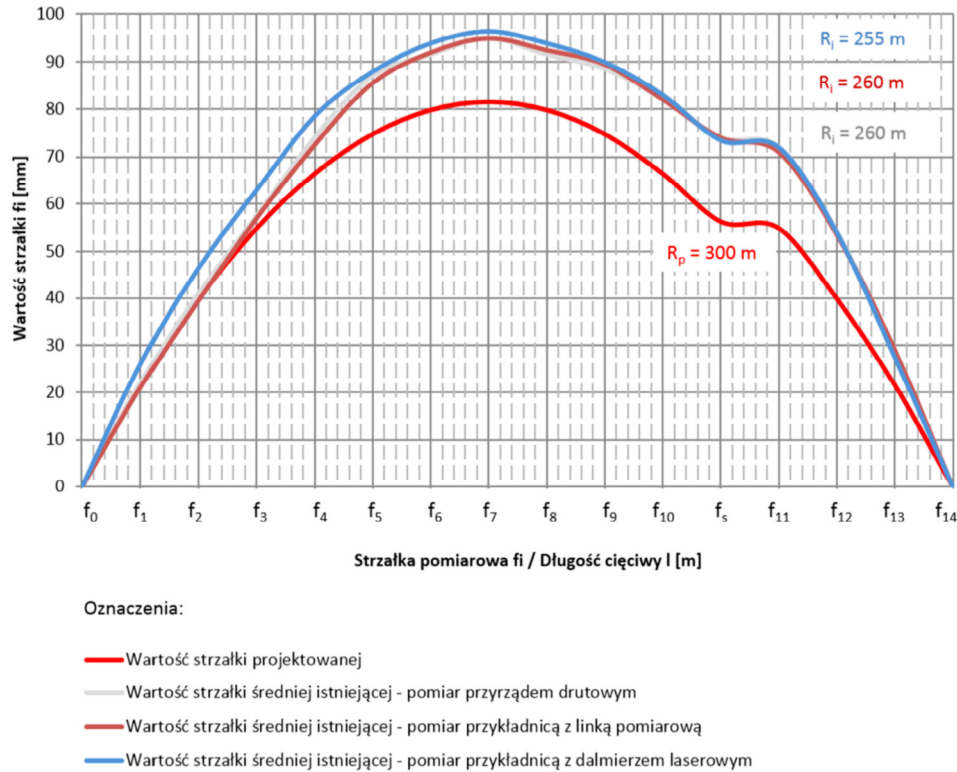
Wartość promienia łuku projektowanego toru zwrotnego rozjazdu obliczono na podstawie wzoru (1):

$$R_p = \frac{x^2}{8 \cdot f_p} \quad (1)$$

gdzie:  $x$  – długość cięciwy [m];

$R_p$  – projektowana wartość promienia łuku toru zwrotnego [m];

$f_p$  – projektowana wartość strzałki łuku toru zwrotnego rozjazdu [m];



Rys. 5. Wykresy strzałki montażowej istniejącej w torze zwrotnym rozjazdu

Fig. 5. Charts Versines Assembly in diverging routes - tracks

otrzymując  $R_p=301\text{ m} \approx 300\text{ m}$ . Wartość promienia łuku istniejącego toru zwrotnego rozjazdu obliczono na podstawie wzoru (2):

$$R_i = \frac{x^2}{8 \cdot f_i} \quad (2)$$

gdzie:

- $x$  – długość cięciwy [m];
- $R_i$  – istniejąca wartość promienia łuku toru zwrotnego [m];
- $f_i$  – istniejąca wartość strzałki łuku toru zwrotnego rozjazdu [m];

otrzymując:

- z pomiarów wykonanych przyrządem drutowym  $R_i=258\text{ m} \approx 260\text{ m}$ ;
- z pomiarów wykonanych przykładnicą magnetyczno-pomiarową z linką pomiarową  $R_i=258\text{ m} \approx 260\text{ m}$ ;
- z pomiarów wykonanych przykładnicą magnetyczno-pomiarową z dalmierzem  $R_i=254\text{ m} \approx 255\text{ m}$ .

Porównanie wartości strzałek (tabela 1÷2, b, rys. 5) otrzymanych za pomocą:

- przyrządu drutowego – strzałkomierza (kolor szary);
- przykładnicy magnetyczno-pomiarowej z linką pomiarową (kolor brązowy);

wykazało, że maksymalna różnica wyniosła 1 mm, co potwierdza prawidłowość zastosowanego przyrządu w postaci przykładnicy magnetyczno-pomiarowej wyposażonej w akcesoria umożliwiające zabudowę linki pomiarowej w pomiarach strzałek. Analiza wyników pomiarów strzałek uzyskanych (tabela 1 i 3, rys. 5) przy użyciu:

- przyrządu drutowego – strzałkomierza (kolor szary);
- przykładnicy magnetyczno-pomiarowej z dalmierzem laserowym (kolor niebieski);

wykazała zgodność pomiarów (przy maksymalnej różnicy nieprzekraczającej wartości 2 mm) maksymalnie do punktu  $f_5$ , tj. w odległość do 9 m. Przykładnica magnetyczno-pomiarowa z dalmierzem laserowym (rys. 3) była zabudowana (zlokalizowana na stanowisku bazowym) w punkcie strzałki  $f_{14}$ . Pomiarzy wykonane w punktach  $f_{13}÷f_5$  charakteryzują się maksymalną różnicą wynoszącą 1÷2 mm, co potwierdza prawidłowość zastosowanego przyrządu w postaci przykładnicy magnetyczno-pomiarowej wyposażonej w akcesoria umożliwiające zabudowę dalmierza laserowego. Przy cięciwie pomiarowej o długości 14.0 m wartości strzałek odczytane w odległości  $\geq 10$  m (tabela 3 – kolor żółty, rys. 5 – wykres kolorem niebieskim w punktach  $f_4÷f_1$ ) posiadają średnią różnicę wynoszącą 5 mm. Zalecane jest zastosowanie dalmierza o podwyższonej dokładności i z dodatkowym wyposażeniem, w tym w celownik z powiększeniem, i co najważniejsze: o małej wartości średnicy plamki lasera. Plamka lasera powoduje zaburzenia odczytu na smyczku pomiarowym. Bardziej efektywnym rozwiązaniem jest zastosowanie specjalistycznego wskaźnika laserowego o średnicy plamki lasera 1 mm.

Strzałce teoretycznej krzywizny toru zwrotnego równej 81.5 mm  $\approx$  82 mm w środkowej części łuku odpowiada strzałka praktyczna 96 mm. Strzałka teoretyczna krzywizny toru zwrotnego równa 82 mm jest przekroczona w środkowej części łuku o 14 mm, co odpowiada promieniowi istniejącemu w eksploatacji  $R_i=255$  m.

#### **4. Pomiar strzałek eksploatacyjnych w torze zwrotnym rozjazdu według instrukcji Id-4 (D-6)**

Wartości dopuszczalne strzałek krzywizny i krok pomiaru zawarto w tabelach 4 i 5. W instrukcji Id-4 (D-6) [8] zostały przedstawione dopuszczalne wartości strzałek, które różnią się pod względem wartości strzałek w rozjeździe R-300 na cięciwie pomiarowej  $l=14.0$  m, posiadając rozbieżności w wartościach maksymalnych i minimalnych (tabela 4 i 5).

Tabela 4. Dopuszczalne wartości strzałek w rozjeździe R-300 (tablica 20-6 Id-4 (D-6)) [8]

Table 4. Acceptable values versines in single turnout R-300 (Table 20-6 Id-4 (D-6)) [8]

Dopuszczalne strzałki $f_i$ [mm] w punkcie o odciętej $x_i$ [m]					
$x=3.5$		$x=7.0$		$x=10.5$	
$f_{max}=67$	$f_{min}=55$	$f_{max}=90$	$f_{min}=73$	$f_{max}=67$	$f_{min}=55$

Tabela 5. Dopuszczalne wartości strzałek w rozjeździe R-300 (załącznik E „Arkusz uzupełniający badania technicznego” Id-4 (D-6)) [8]

Table 5. Acceptable values versines in single turnout R-300 (Annex E "Sheet complementary technical examination of" Id-4 (D-6)) [8]

Dopuszczalne strzałki $f_i$ [mm] w punkcie o odciętej $x_i$ [m]					
$x=3.5$		$x=7.0$		$x=10.5$	
$f_{max}=67.0$	$f_{min}=55.3$	$f_{max}=89.4$	$f_{min}=73.7$	$f_{max}=67.0$	$f_{min}=55.3$

Pomiar strzałek eksploatacyjnych w rozjeździe nr 1 typu S60 – 1:9 – 300 w torze zwrotnym przeprowadzono w trzech punktach znajdujących się w stałych odległościach  $x_i$ , mieszczących się cyklicznie co 3.5 m, czyli 3.5 m, 7.0 m i 10.5 m. Pomiar wykonano w zaznaczonych punktach identyfikowalnych. Identycznie jak w przypadku pomiaru strzałek montażowych pomiar przeprowadzono dwukrotnie (różnica dwukrotnego pomiaru nie wykazała rozbieżności większych niż 2 mm), uzyskując uśrednione wartości strzałek z:

- przyrządu drutowego – strzałkomierza (rys. 1);
- przykładnicy magnetyczno-pomiarowej z linką pomiarową (rys. 2) oraz smyczkiem pomiarowym;
- przykładnicy magnetyczno-pomiarowej z nasadką dalmierza laserowego (rys. 3) oraz smyczkiem pomiarowym z adapterem smyczka pomiarowego (rys. 4).

Tabela 6 zawiera arkusz uzupełniający badania technicznego – pomiarów strzałek eksploatacyjnych na stałej cięciwie o długości wynoszącej 14.0 m, z wartościami strzałek odczytywanych w odległościach cyklicznych 3.5 m. Wyniki pomiarów wykonanych w poszczególnych trybach oznaczono dla przyrządu:

- drutowego – strzałkomierza – kolorem szarym;
- magnetyczno-pomiarowego z linką pomiarową – kolorem brązowym;
- magnetyczno-pomiarowego z dalmierzem laserowym – kolorem niebieskim.

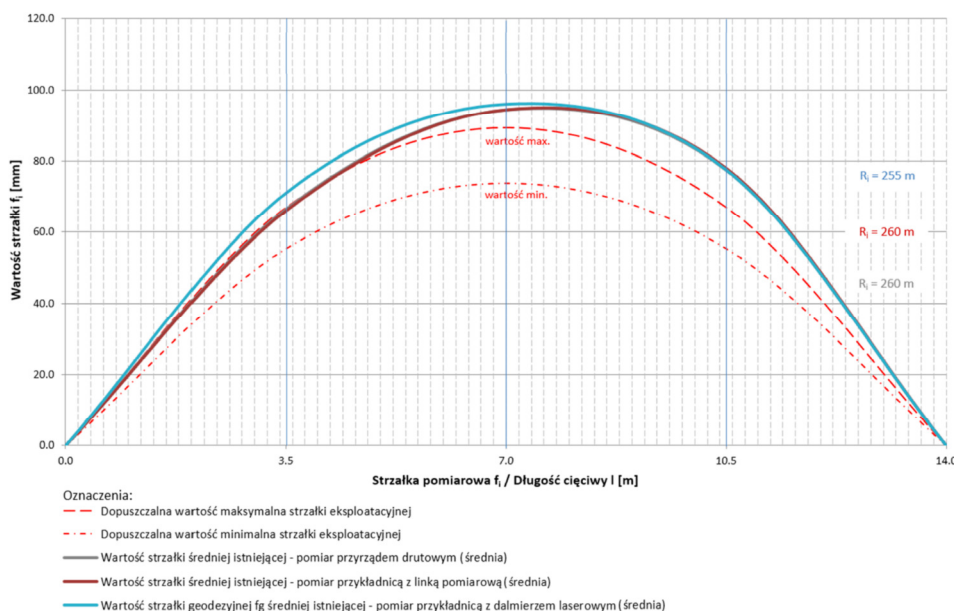
Dla uzyskanych wartości strzałek pomiarowych eksploatacyjnych opracowano wykres sprawdzenia poprawności krzywizny (rys. 6). Linie przerywane czerwone na wykresie określają dopuszczalną górną i dolną granicę wartości strzałek toru zwrotnego.

Przykładnica magnetyczno-pomiarowa z dalmierzem laserowym (rys. 3) była zabudowana (zlokalizowana na stanowisku bazowym) w punkcie końcowym 14.0 m. Pomiar strzałek prowadzono z punktu 0.0 w kierunku punktu

Tabela 6. Arkusz uzupełniający badania technicznego – pomiar strzałek eksploatacyjnych

Table 6. Sheet complementary technical examination – measurement Versines in exploitation

Odcięta $x_i$ [m]:		3.5	7.0	10.5
Dopuszczalna wartość maksymalna strzałki eksploatacyjnej		67.0	89.4	67.0
Dopuszczalna wartość minimalna strzałki eksploatacyjnej		55.3	73.7	55.3
Wartość strzałki istniejącej - pomiar przyrządem drutowym	(Pomiar 1)	67	95	77
	(Pomiar 2)	66	94	78
Wartość strzałki średniej istniejącej - pomiar przyrządem drutowym	(Średnia)	67	95	78
Wartość strzałki istniejącej - pomiar przykładnicą z linką pomiarową	(Pomiar 1)	65	94	79
	(Pomiar 2)	67	95	77
Wartość strzałki średniej istniejącej - pomiar przykładnicą z linką pomiarową	(Średnia)	66	95	78
Wartość strzałki odczytana z offsetem równoległym $f_{off}$ - pomiar przykładnicą z dalmierzem laserowym	(Pomiar 1)	40	64	45
Wartość strzałki geodezyjna $f_g$ - pomiar przykładnicą z dalmierzem laserowym	(Pomiar 1)	72	96	77
Wartość strzałki odczytana z offsetem równoległym $f_{off}$ - pomiar przykładnicą z dalmierzem laserowym	(Pomiar 2)	38	64	46
Wartość strzałki geodezyjna $f_g$ - pomiar przykładnicą z dalmierzem laserowym	(Pomiar 2)	70	96	78
Wartość strzałki geodezyjnej $f_g$ średniej istniejącej - pomiar przykładnicą z dalmierzem laserowym	(Średnia)	71	96	78



Rys. 6. Wykresy strzałki eksploatacyjnej w torze zwrotnym rozjazd

Fig. 6. Charts Versines in exploitation in diverging routes - tracks

końcowego 14.0 (w obu punktach wartość strzałki wynosiła 0 mm). Analiza wartości strzałek średnich (tabela 6, rys. 6) otrzymanych za pomocą:

- przyrządu drutowego – strzałkomierza (kolor szary);
  - przykładnicy magnetyczno-pomiarowej z linką pomiarową (kolor brązowy);
- wykazała maksymalną jednopunktową różnicę 1 mm, co potwierdza prawidłowość zastosowanego przyrządu w postaci przykładnicy magnetyczno-pomiarowej wyposażonej w akcesoria umożliwiające zabudowę linki pomiarowej w pomiarach strzałek eksploatacyjnych. Z kolei analiza wyników pomiarów strzałek uzyskanych (tabela 6, rys. 6) przy użyciu:
- przyrządu drutowego – strzałkomierza (kolor szary);
  - przykładnicy magnetyczno-pomiarowej z dalmierzem laserowym (kolor niebieski);

wykazała zgodność w przypadku odczytów w punktach najbliższych lokalizacji przykładnicy z dalmierzem, w których różnica wynosi 1 mm. W punkcie najbardziej odległym od przykładnicy z dalmierzem różnica wyniosła 5 mm. Stan krzywizny toru zwrotnego rozjazdu w punktach pomiarowych (odcięte  $x_i$ ) jest poza wartościami dopuszczalnymi.

## 5. Wnioski

Wyniki pomiarów przedstawione w artykule świadczą o tym, że wykorzystana do pomiarów strzałek przykładnica magnetyczno-pomiarowa jest przyrządem posiadającym praktyczne zastosowanie. Zakres jego zastosowania to m.in. sprawdzenie krzywizny w rozjazdach z możliwością doboru stałej i nieruchomej cięciwy zależnej od rodzaju i typu rozjazdu zwyczajnego. Użycie przykładnicy do pomiaru strzałek w rozjazdach poprawia jakość prac montażowych i eksploatacyjnych. Zaletą przykładnicy jest jej uniwersalność. Przyrząd pozwala na pomiar strzałek w następujących wariantach:

- przykładnica magnetyczno-pomiarowa lewa/prawa z trzpieniem z prowadnicą, płytką krawędziową oraz z linką pomiarową i smyczkiem pomiarowym, umożliwia pomiar strzałek dla różnych długości cięciw. Przy czym dla pomiarów wykonanych na cięciwie o długości  $l=10$  m umożliwia odczytanie dla średniej wartości strzałki  $f_i$  wyrażonej w milimetrach odpowiedniej wartości promienia istniejącego  $R$ , łuku wyrażonego w metrach bezpośrednio w terenie;
- przykładnica magnetyczno-pomiarowa z nasadką dalmierza laserowego, sworzniem mocowania nasadki, uchwytem stabilizatora, płytką krawędziową, dalmierzem laserowym lub specjalistycznym wskaźnikiem laserowym oraz smyczkiem pomiarowym z adapterem smyczka pomiarowego umożliwia pomiar strzałek  $f_i$  dla różnych długości cięciw.

Uniwersalność przykładnicy magnetyczno-pomiarowej pozwala również na identyfikację punktów pomiarowych poprzez podzielenie badanego toru na odcinki  $x_i$  za pomocą dalmierza laserowego, taśmy lub metra zwijanego (poprzez zaczepienie ich w specjalnym rowku poprzecznym przykładnicy). Przykładnica

może być stosowana zarówno w pomiarach strzałek wykonywanych ręcznie z użyciem linki pomiarowej, z zabudowaniem minipryzmatów, pryzmatów, dalmierzem laserowym lub innym wskaźnikiem laserowym.

Wdrożenie przykładnicy magnetyczno-pomiarowej prowadzi do poprawy jakości pozyskiwania danych o położeniu torów zwrotnych w płaszczyźnie poziomej oraz ułatwia prowadzenie i aktualizowanie dokumentacji technicznej.

Do pomiarów geometrii toru (szerokość toru, gradient szerokości toru, nierówności poziome i podłużne, przechyłka, wichrowatość) [5, 6] według zaleceń Instrukcji o dokonywaniu pomiarów, badań i oceny stanu torów Id-14 (D-75) [11] lub Warunków technicznych Id-1 (D-1) [12] definiuje się punkt położony 14 mm poniżej górnej powierzchni tocznej szyny. Natomiast w przypadku pomiaru strzałek pomiar przeprowadza się do dolnej krawędzi główki szyny (najbardziej wystający punkt główki szyny). Istnieje różnica pomiędzy wynikiem pomiaru parametrów na wysokości 14 mm poniżej górnej powierzchni tocznej szyny a wartościami strzałek mierzonymi do dolnej krawędzi główki szyny. Różnica ta jest znacząca, zwłaszcza gdy występują zużycia boczne i pionowe szyn lub tzw. spłaszczenia – „wargi” szyny nierównomierne na mierzonym odcinku toru poddawanego badaniom. Przykładnica umożliwia prowadzenie pomiarów zdefiniowanych 14 mm poniżej górnej powierzchni tocznej szyny, jak również do dolnej krawędzi główki szyny dla pomiarów wartości strzałek. Pomiaru należy wykonywać z dokładnością  $\pm 1$  mm. Dokładność pomiarów decyduje o bezpieczeństwie w transporcie lądowym oraz umożliwia poprawne prowadzenie analiz i ocen przez komisje wypadkowe.

Przedstawione wyniki prac dotyczących pomiaru strzałek w torze zwrotnym rozjazdu z zastosowaniem przykładnicy magnetyczno-pomiarowej wpisują się w tematykę współczesnych badań w dyscyplinie geodezji inżyniersko-przemysłowej i diagnostyce budownictwa komunikacyjnego.

## Literatura

- [1] Bałuch J.: System oceny nierówności poziomych w rozjazdach kolejowych, Problemy Kolejnictwa, z. 142, 2006.
- [2] Bałuch H., Czubaczyński J., Pelc S.: Montaż i wymiana rozjazdów, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1975.
- [3] Gocał J.: Geodezja inżyniersko-przemysłowa. Część II, Wydawnictwo AGH, Kraków 2005.
- [4] Kampczyk A.: Przykładnica magnetyczno-pomiarowa i jej zastosowanie. Zgłoszenie patentowe P.420214.
- [5] Kampczyk A.: Geodezyjno-analityczne opracowanie projektów połączeń torowych. Cz. 1. Geodetic-and-analytical design of track connections. Part 1, Przegląd Geodezyjny, ISSN 0033-2127, R. 82, nr 4, 2010, s. 3-8.
- [6] Kampczyk A.: Punkty charakterystyczne rozjazdów i skrzyżowań kolejowych. Characteristic points of switches and train intersections, TTS. Technika Transportu Szynowego, ISSN 1232-3829, R. 20, nr 10, 2013, s. 33-40.

- [7] Kędra Z.: Technologia Robót Torowych, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2015.
- [8] Id-4 (D-6) Instrukcja o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów, PKP PLK S.A., Warszawa 2015.
- [9] D-19 Instrukcja o organizacji i wykonywaniu pomiarów w geodezji kolejowej. Załącznik do Zarządzenia Nr 144 Zarządu PKP z dnia 23 października 2000 r.
- [10] GK-1 Standard techniczny „O organizacji i wykonywaniu pomiarów w geodezji kolejowej”. Uchwała Nr 8 Zarządu PKP S.A. z dnia 12 stycznia 2016 r. w sprawie przyjęcia Standardu technicznego „O organizacji i wykonywaniu pomiarów w geodezji kolejowej” GK-1, Warszawa 2015.
- [11] Id-14 (D-75) Instrukcja o dokonywaniu pomiarów, badań i oceny stanu torów, PKP PLK S.A., Warszawa 2005 (z późn. zm.).
- [12] Id-1 (D-1) Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych, PKP PLK S.A., Warszawa 2005 (z późn. zm.).

## MEASUREMENT OF VERSINES IN A DIVERGING ROUTE WITH A MAGNETIC-MEASURING SQUARE

### Summary

The article describes the results of studies on the possibility of applying the author's Magnetic - Measuring Square to measure the versines at a constant chord of 14.0 m. The measurement was carried out on a diverging route of a single turnout, type S60 - 1: 9 - 300, of the left direction with a radius of about  $R_p = 300$  m with a scale and a laser distance meter. Those were confronted with the results obtained from the measurement conducted with a wire device, namely a Versine Measuring Device adopted in these types of measurements by Diagnostic Teams for Railway Surface and Subgrade and Railway Surveying. The tests were focused on the measurement of assembly and exploitation versines. The measurement of versines on a fixed chord allowed to check the curvature in the diverging route of the turnout. The performed studies have proved that the Magnetic - Measuring Square is both practical and versatile, leading to improved quality of assembly and exploitation works and updating of technical documentation. The results of measurements of the versines pose a component of technical examinations on turnouts, recorded in the complementary sheets for measurement of versines on a constant chord. The measurements have shown that the curvature of a diverging route for a theoretical versine reaching 82 mm in the central part of the arc has a practical versine of 96 mm. It is exceeded by 14 mm in the central part of the arc what corresponds to exploitation radius of  $R_i = 255$  m (the theoretical radius value is  $R_p = 300$  m). The Magnetic - Measuring Square allows to perform measurements at a level of 14 mm below the upper running surface of the rail as well as to the level of the lower edge of the rail for measuring the versines values. In the article, there are the author's observations and conclusions presented. The article was prepared as part of the AGH statutory research no. 11.11.150.005.

**Keywords:** Versine Measuring Device (Versine Measuring Instrument), Curvature in the Single turnout, Versines of arch railway track, Single turnout, Magnetic - Measuring Square, MMS, Laser Distance Measuring Device (laser rangefinder)

*Przesłano do redakcji: 27.12.2017 r.*

*Przyjęto do druku: 29.12.2017 r.*