

Arkadiusz KAMPCZYK¹

GEOMETRIA PRZEJAZDU KOLEJOWO-DROGOWEGO KATEGORII D

Przejazdy kolejowe stanowią specyficzny element infrastruktury kolejowej. Obciążenie ruchu jednopoziomowych skrzyżowań linii kolejowych z drogami kołowymi zwiększa prawdopodobieństwo powstania wypadku. Bezpieczeństwo na przejazdach kolejowo-drogowych zależy od stanu jego geometrii, od zachowań uczestników ruchu drogowego, prawidłowego wykonywania zadań przez zarządców infrastruktury kolejowej oraz drogowej. W pracy omówiono zagadnienia dotyczące pomiarów geometrii przejazdów kolejowo-drogowych kategorii D z uwzględnieniem pomiarów autorskich. W pomiarach użyto przykładowy magnetyczno-pomiarowej (ang. magnetic-measuring square – MMS) z:

- tarczą pomiarową,
- nasadką dalmierczą wyposażoną w dalmierz laserowy,
- minipryzmatem GMP111,
- metrem zwijanym,
- oraz tachymetrem TC407 Leica nr 697413.

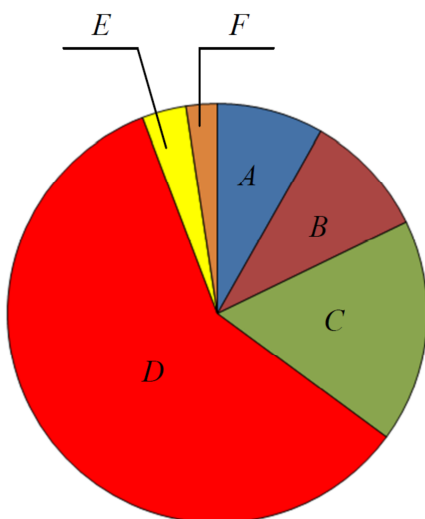
Pomiary geometrii zostały wsparte pracami diagnostycznymi dotyczącymi przejazdów. Regulacje prawne wynikające z Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 20 października 2015 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych oraz bocznic kolejowych z drogami i ich usytuowanie, wprowadzają obligatoryjność sporządzania dokumentacji techniczno-eksploatacyjnej przejazdu kolejowo-drogowego lub przejścia zwaną metryką przejazdu kolejowo-drogowego/przejścia. Metryka ta wymaga uzyskania wpisów danych będących wynikami prac geodezyjnych i prac diagnostycznych. Tematyka przejazdów kolejowo-drogowych została negatywnie oceniona w Raporcie Najwyższej Izby Kontroli (NIK) dotyczącym bezpieczeństwa ruchu na przejściach i przejazdach kolejowo-drogowych (KIN.410.003.00.2016/Nr ewid. 200/2016/P/16/029/KIN). Najpoważniejsze nieprawidłowości dotyczą metryk przejazdowych. W celu prawidłowego wykonania pomiarów geometrycznych przejazdów, wymagane jest posiadanie dodatkowych specjalistycznych przyrządów pomiarowych. W pracy przedstawiono autorskie spostrzeżenia i wnioski. Artykuł został wykonany w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.150.005.

Słowa kluczowe: przejazd, trójkąt widzialności, metryka przejazdu, pomiar przejazdu, przejście, przejazd kolejowo-drogowy, przykładowa magnetyczno-pomiarowa, MMS, geometria przejazdu kolejowo-drogowego

¹ 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

1. Wprowadzenie

Przejazd kolejowo-drogowy stanowi specyficzny element infrastruktury kolejowej. Według ustawy o transporcie kolejowym z dnia 28 marca 2003 r. [1] elementem składowym infrastruktury kolejowej są przejazdy kolejowo-drogowe i przejścia w poziomie szyn, w tym urządzenia i systemy służące zapewnieniu bezpieczeństwa ruchu drogowego i pieszego. Pod warunkiem, że tworzą część linii kolejowej, bocznic kolejowej lub innej drogi kolejowej, albo są przeznaczone do zarządzania nimi, obsługi przewozu osób lub rzeczy, bądź ich utrzymania. Przejazd w poziomie szyn (ang. level crossing) stanowi jednopoziomowe skrzyżowanie drogi kołowej z torom lub torami kolejowymi (przejazd kolejowo-drogowy). W zależności od sposobu zabezpieczenia, dzielą się na sześć kategorii: *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*. Ich charakterystyka została zawarta w pracy [2] i wynika z [3].



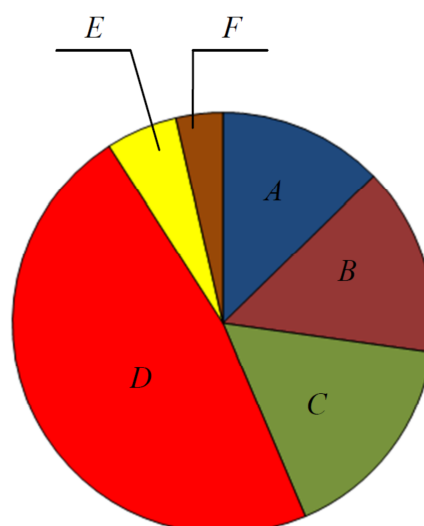
Rys. 1. Udział procentowy wypadków na przejazdach i przejściach przez tory w podziale na kategorie przejazdów w 2015 r. na terenie Polski: kategoria *A*: 8,2%; kategoria *B*: 9,6%; kategoria *C*: 17,3%; kategoria *D*: 59,1%; kategoria *E*: 3,4%; kategoria *F*: 2,4% (opracowano na podstawie [4])

Fig. 1. Percentage of accidents at passage and level railroad crossings by category crossings in 2015 in Poland: Category *A*: 8,2%; Category *B*: 9,6%; Category *C*: 17,3%; Category *D*: 59,1%; Category *E*: 3,4%; Category *F*: 2,4% (based on [4])

Kategoria *D* – to przejazdy kolejowo-drogowe, które nie są wyposażone w systemy i urządzenia zabezpieczenia ruchu. Przejazdy tej kategorii obejmują skrzyżowania linii kolejowych lub bocznic kolejowych z drogami publicznymi, na których [3]:

- iloczyn ruchu jest mniejszy od liczby 60000, a ruch kolejowy na danym odcinku linii kolejowej lub bocznicy kolejowej jest prowadzony z prędkością maksymalną nie większą niż 120 km/h oraz są spełnione warunki widoczności wskazane w części B załącznika nr 3 do rozporządzenia [3],
- bez względu na warunki widoczności dopuszczalna prędkość pociągu na przejeździe kolejowo-drogowym nie przekracza 20 km/h.

Zakwalifikowanie przejazdu do określonej kategorii jest uzależnione od iloczynu ruchu, prędkości pociągów i liczby torów głównych, których przecina droga. Przez iloczyn ruchu należy rozumieć iloczyn liczby pojazdów drogowych i pociągów przejeżdżających przez przejazd kolejowo-drogowy w ciągu doby. Przejazdy kolejowo-drogowe i przejścia mogą być stosowane na liniach kolejowych i bocznicach kolejowych, na których ruch kolejowy jest prowadzony z prędkością nie większą niż 160 km/h.

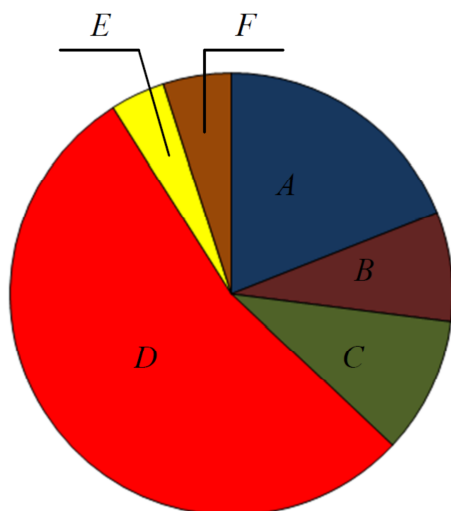


Rys. 2. Udział procentowy ofiar śmiertelnych według kategorii przejazdów w 2015 r. na terenie Polski: kategoria A: 12,7%; kategoria B: 14,5%; kategoria C: 16,4%; kategoria D: 47,3%; kategoria E: 5,5%; kategoria F: 3,6% (opracowano na podstawie [4])

Fig. 2. Percentage of fatalities by category level railroad crossings in 2015 in Poland: Category A: 12,7%; Category B: 14,5%; Category C: 16,4%; Category D: 47,3%; Category E: 5,5%; Category F: 3,6% (based on [4])

Największą liczbą wypadków charakteryzują się przejazdy o najmniejszym stopniu ochrony przed wypadkami. Z raportu NIK dotyczącego bezpieczeństwa ruchu na przejściach i przejazdach kolejowo-drogowych [4] wynika, że największy udział procentowy wypadków na przejazdach i przejściach przez tory w 2015 r. występował na przejazdach kategorii D, wynosząc aż 59,1% (rys. 1).

Z kolei udział procentowy ofiar śmiertelnych też wystąpił na przejazdach tej kategorii, osiągając aż 47,3% (rys. 2). Aż 54,0 % na terenie Polski stanowią przejazdy kategorii *D* (rys. 3), będące przejazdami użytku publicznego bez rogatek i półrogatek oraz bez urządzeń ostrzegawczych, oznakowane jedynie znakiem drogowym i wymagające zachowania geometrii trójkątów widzialności.



Rys. 3. Udział procentowy ilości przejazdów kolejowo-drogowych i przejść w zależności od ich kategorii w 2015 r. na terenie Polski (na sieci ogólnodostępnej i wydzielonej): kategoria *A*: 19,0%; kategoria *B*: 8,0%; kategoria *C*: 10,0%; kategoria *D*: 54,0%; kategoria *E*: 4,0%; kategoria *F*: 5,0% (opracowano na podstawie [4])

Fig. 3. Percentage share of level railroad crossings and passage according to their category in 2015 in Poland (on public and private networks): Category *A*: 19.0%; Category *B*: 8.0%; Category *C*: 10.0%; Category *D*: 54.0%; Category *E*: 4.0%; Category *F*: 5.0% (based on [4])

Pomiary sprawdzające stanu geometrii warunków widoczności czoła pociągu z drogi publicznej przed przejazdem kolejowo-drogowym (trójkąty widoczności) wykonano z użyciem przykładnicy magnetyczno-pomiarowej (ang. magnetic-measuring square – MMS) oraz tachymetrem TC407 Leica nr 697413. Pomiary przeprowadzono dnia 01.06.2017 r. na przejeździe kolejowo-drogowym kategorii *D* (opracowanie danych 30.06.2017 r.). Przejazd obejmuje linię kolejową dwutorową o prędkości maksymalnej $V_{max} = 120$ km/h zarówno w torze numer 1, jak i 2. Celem przeprowadzonych badań było określenie istniejącej geometrii widoczności przejazdu kolejowo-drogowego zgodnie z obowiązującymi regulacjami prawnymi z zastosowaniem autorskich przyrządów pomiarowych. Jednocześnie, zwracając też uwagę na wymogi zapisów

w dokumentacji techniczno-eksploatacyjnej przejazdu kolejowo-drogowego lub przejścia zwaną metryką przejazdu kolejowo-drogowego/przejścia [3]. Na przełomie lat 1996/2000 wyniki pomiarów były dokumentowane na formularzu serii D-819 2722-018-01 – Metryka przejazdu lub przejścia w poziomie szyn. Druk ten zawierał dane, zgodne z wówczas obowiązującym rozporządzeniem [5], był również prowadzony protokół z badania diagnostycznego przejazdu kolejowo-drogowego, którego wyniki były ujęte w protokole rocznym. Artykuł stanowi część kompleksowych badań z zastosowaniem przykładnicy magnetyczno-pomiarowej. W artykule przedstawiono autorskie spostrzeżenia i wnioski. Praca niniejsza została wykonana w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.150.005.

2. Przegląd i analiza wybranej literatury przedmiotu badań

Sancewicz w pracy [6] stwierdza, że przejazd kolejowy musi spełniać warunki techniczne dotyczące widoczności, oświetlenia, pochylenia drogi przy podejździe do przejazdu, kąta skrzyżowania drogi z torem. Nawierzchnia kolejowa w obrębie przejazdu powinna mieć ten sam standard konstrukcyjny co nawierzchnia toru przylegającego do przejazdu. Szerokość nawierzchni drogowej na podejździe powinna odpowiadać szerokości drogi przed przejazdem. Jednocześnie zauważa, że przejazd jest dla drogi kolejowej miejscem newralgicznym, przerywającym jednorodność podtorza i nawierzchni, co ma niekorzystny wpływ na parametry techniczne toru. Konstrukcja nawierzchni przejazdu wewnątrz toru powinna zapewnić swobodne przejście obrzeży kół taboru kolejowego. Zalecane jest prowadzenie pomiarów diagnostycznych, określających stan szerokości i głębokości żłobków.

Cieślakowski i Rudzki w [7] stwierdzają, że przejazdy kolejowo-drogowe są miejscem najbardziej narażonym na występowanie kolizji i wypadków. W systemie bezpieczeństwa ruchu drogowego i kolejowego są one jednym z najbardziej niebezpiecznych punktów sieci komunikacyjnej. Zauważają, że przy zaliczeniu przejazdów do poszczególnych kategorii uwzględnia się również występujące czasowo lub sezonowo złe warunki widoczności.

Z kolei Młyńczak i Celiński w [8] przedstawili monitoring kierowców pojazdów przewożących towary niebezpieczne i wrażliwe w obszarze przejazdów kolejowych. Metodologię oparto na pomiarze zachowania kierowców z wykorzystaniem urządzenia do śledzenia ruchów gałek ocznych tzw. eye tracking oraz zamontowaniu na pokładzie pojazdu testowego akcelerometru (smartfon). Zastosowany układ pomiarowy umożliwił badanie charakterystyki procesu percepcji kierowcy w zakresie otoczenia zewnętrznego w obszarze przejazdów kolejowych. Stwierdzili, że jakiegokolwiek nieprawidłowości zaistniałe w trakcie pokonywania przejazdu kolejowego niosą za sobą skutki znacznie przekraczające swoim zasięgiem obszar przejazdu kolejowego [8]. Pomiary tego typu wskazują na istotne elementy w otoczeniu przejazdu kolejowego, które powinny być przedmiotem szczególnej uważności kierowcy. Potwierdzili również, że wyniki

przedmiotowych pomiarów mogą być wykorzystane w celu polepszenia organizacji ruchu w obszarze przejazdów kolejowych. Odniesiono się również do pomiaru zachowania maszynistów pociągów w obszarze przejazdów kolejowych z uwagi na istotne w tym miejscu interakcje obu strumieni ruchu: drogowego i kolejowego.

W pracy [2] zawarto wyniki prac nad geometrycznymi warunkami widoczności przejazdów kolejowo-drogowych, które zostały uzyskane z zastosowaniem autorskich adapterów służących do montażu przyrządów geodezyjnych na toromierzu manualnym lub cyfrowym. W pomiarach użyto również przykładnicy magnetyczno-pomiarowej z tarczą.

W Polsce występuje brak stosownej literatury z zakresu tematyki prowadzenia prac pomiarowych i dokumentowania geometrii przejazdów kolejowo-drogowych. Dotychczas prace pomiarowe są prowadzone poprzez stosowanie metody wizualnej, która polega na komisyjnej obserwacji w zwykłych warunkach atmosferycznych czoła zbliżającego się pojazdu szynowego (latarni sygnałowych czoła), z odległości 5, 10, 20 m w osi drogi kołowej.

W literaturze zagranicznej Tey, Ferreira i Wallace w [9] stwierdzają, że przejazdy kolejowe są jednym z najbardziej złożonych systemów kontroli bezpieczeństwa drogowego, szczególnie ze względu na konflikty występujące pomiędzy pojazdami i drogami kołowymi a infrastrukturą i taborem kolejowym. Opisali i porównali wyniki reakcji kierowcy zarówno bezpośrednio w terenie, jak i z użyciem symulatora jazdy. Stwierdzono, że różne systemy ostrzegawcze powodują zróżnicowane reakcje kierujących. Wyniki pokazały, że średnie reakcje kierowców na pasywnych przejazdach były niezadawalające w porównaniu do reakcji na przejazdach aktywnych.

Salmane, Khoudour i Ruichek w [10] twierdzą, że bezpieczeństwo na przejazdach kolejowo-drogowych jest kwestią priorytetową dla dziedziny inteligentnych systemów transportowych. Zaprezentowali wyniki badań oparte na systemie wideo. Przedstawiony system wykrywa i dokonuje śledzenia obiektu na przejeździe poprzez dedykowane czujniki wideo. Zastosowano model „Hidden Markov Model” w celu rozpoznania idealnych trajektorii wykrytych obiektów podczas śledzenia. Poziom ryzyka zagrożenia szacowany jest natychmiast, z zastosowaniem techniki syntezy danych „Dempster-Shafer”. Scenariusze zagrożeń są testowane i oceniane:

- z obecnością przeszkód w przekraczaniu przejazdów kolejowo-drogowych,
- z obecnością linii pojazdów zatrzymanych,
- zygzakowanie pojazdów między dwoma zamkniętymi pół-barierami.

Z kolei Wullems, Hughes i Nikandros w [11] przedstawili modele ryzyka oszacowania prawdopodobieństwa kolizji na przejazdach kolejowych, wykazując wpływ różnic w integralności bezpieczeństwa na prawdopodobieństwo zderzenia. Przedstawiony scenariusz ilustruje zwiększenie korzyści w zakresie bezpieczeństwa za pomocą konwencjonalnych urządzeń ostrzegawczych.

Sever w pracy [12], uwzględnia klasyfikację przejazdów kolejowo-drogowych zalecaną przez Europejską Agencję Kolejową, w której dzielą się one na:

1. Pasywne, chronione znakami drogowymi.
2. Aktywne, zabezpieczone urządzeniami sterowania ruchem kolejowym.

Zauważa też, że w Słowenii większość wypadków miała miejsce na pasywnych przejazdach kolejowo-drogowych. Spostrzega, że bezpieczeństwo ruchu na pasywnych przejazdach jest ściśle uzależnione od pola widzenia. Obok znaków drogowych, obszar widoczności jest jedynym i istotnym środkiem zapewniającym bezpieczeństwo ruchu na pasywnych przejazdach kolejowo-drogowych. Środkiem zapewniającym bezpieczeństwo jest zachowanie geometrii trójkątów widoczności/pola widoczności – z dala od wszelkich przeszkód.

Za bezpieczeństwo na przejazdach kolejowo-drogowych w Republice Słowenii odpowiedzialna jest Agencja Ruchu Kolejowego Republiki Słowenii (z sl. Javna agencija za železniški promet Republike Slovenije, z ang. Public Agency of the Republic of Slovenia for Railway Transport). Renomy bezpieczeństwa zostały zawarte w [13], które określają, że wartość kąta skrzyżowania powinna być jak najbardziej zbliżona do kąta prostego, a nie może być mniejsza niż 75° .

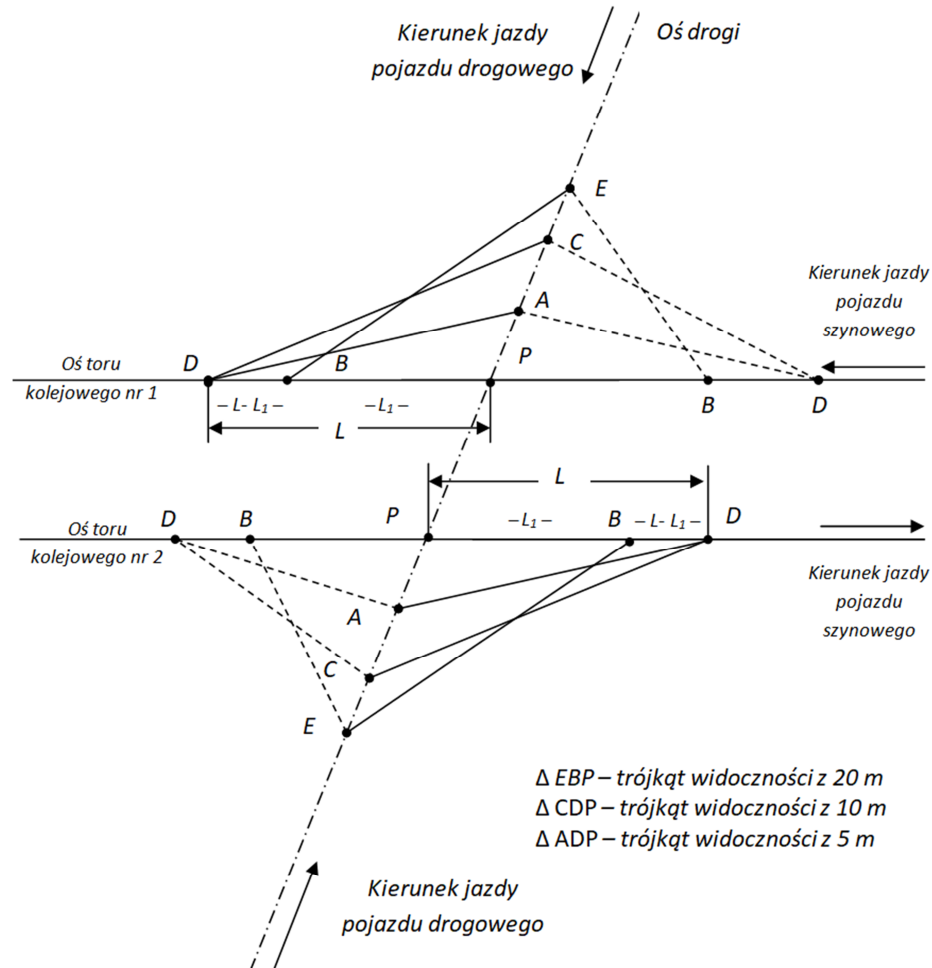
Gikas w [14] zaprezentował rozwiązanie przyłożenia miniprzyzmatu GMP111 do punktu szyny rowkowej. Jednak ono nie ma bezpośredniego zastosowania w szynach typu kolejowego.

3. Warunki widoczności czoła pociągu z drogi publicznej

Zarządcy kolei i zarządcy drogi kołowej zobowiązani są do przeprowadzenia kontroli sprawdzających warunki widoczności przejazdów kolejowo-drogowych i przejść [3]:

- raz w roku, po okresie wzrostu roślinności, pomiędzy czerwcem a wrześniem,
- po każdym wypadku.

W zwykłych warunkach atmosferycznych czoło zbliżającego się pociągu (latarnie sygnałowe jego czoła), powinny być widoczne dla kierujących pojazdami drogowymi z odległości 20 m, mierzonej od skrajnej szyny po osi jezdni, przez cały czas zbliżania się pojazdu do przejazdu kolejowo-drogowego kategorii D. Warunki geometryczne przeprowadzenia pomiarów sprawdzających widoczność czoła pociągu z drogi publicznej przed przejazdem kolejowo-drogowym (trójkąty widoczności) przedstawia rys. 4. Widoczność pociągu z drogi publicznej ustala się dla obu stron przejazdu kolejowo-drogowego. Z punktu obserwacyjnego *E* tj. 20 m od przejazdu kolejowo-drogowego, czoło pociągu powinno być widoczne począwszy od punktu *B*. Gdy pojazd drogowy zbliża się do przejazdu kolejowo-drogowego odcinek widoczności pociągu powinien się zwiększyć, tak aby z odległości 10 m od skrajnej szyny (punkt *C*) czoło pociągu było widoczne co najmniej od punktu *D* (rys. 4).



Rys. 4. Geometryczne warunki sprawdzania widoczności czoła pociągu z drogi publicznej przed przejazdem kolejowo-drogowym – trójkąty widoczności (opracowanie własne)

Fig. 4. Geometric conditions for checking the visibility of a „train's face” from on the public road before a level railroad crossings – visibility triangles (own elaboration)

Rozporządzenie [3] dopuszcza ze względu na warunki miejscowe, odstępstwo od powyższych zaleceń, pod warunkiem, że czoło pociągu będzie widoczne z drogi publicznej, co najmniej 5 m od skrajnej szyny tj. punkt obserwacyjny A na całym odcinku L , począwszy od punktu D. W przypadku gdy nie są spełnione warunki widoczności dla maksymalnej prędkości rozkładowej z odległości 5 m, wówczas należy określić prędkość pociągów, przy której są spełnione warunki widoczności z odległości 5 m. Prędkość pociągów obowiązuje na całej długości L . Gdy dla określonej prędkości pociągu widoczność jest zachowana

tylko z odległości 5 m należy przy drodze kołowej z obu stron przejazdu kolejowo-drogowego kategorii *D* ustawić znak drogowy *B-20* „stop”. Dodatkowo na drodze bitumicznej i betonowej należy określić poprzez namalowanie poziomych linii zatrzymania pojazdu. W pasie drogowym na odcinku do 20 m z każdej strony przejazdu mierzonego od skrajnej szyny nie powinny być zlokalizowane żadne urządzenia, reklamy lub inne przedmioty które mogą powodować ograniczenie widoczności. W obszarze trójkątów widoczności nie powinny występować obiekty budowlane, drzewa, krzewy, uprawy wysokopienne, elementy ochrony akustycznej. Dla przejazdów kolejowo-drogowych długości odcinków widoczności czoła pociągu z drogi publicznej L i L_1 posiadających dwa i więcej torów, oblicza się z wzoru 1 i 2 [3]:

$$L = (5,5 + 0,25 \cdot d) \cdot V_{max} \quad (1)$$

gdzie: V_{max} – największa dozwolona prędkość pociągów w rejonie przejazdu kolejowo-drogowego w [km/h],
 d – odległość między osiami skrajnego i następnego toru w [m].

$$L_1 = (3,6 + 0,07 \cdot d) \cdot V_{max} \quad (2)$$

gdzie: V_{max} – największa dozwolona prędkość pociągów w rejonie przejazdu kolejowo-drogowego w [km/h],
 d – odległość między osiami skrajnego i następnego toru w [m].

Dla przejazdów kolejowo-drogowych kategorii *D* w których nie są spełnione warunki widoczności z odległości 5 m dla prędkości pociągów równej 40 km/h i długość odcinka widoczności L większego od 125 m, należy dokonać wprowadzenia ograniczenia prędkości pociągów $V_{ogr} = 40$ km/h na całej długości odcinka L . Rozporządzenie [3] zaleca również ograniczenie prędkości do 20 km/h z uwagi na nie prawidłowy stan geometrii przejazdu tj. jego widoczności. Wartość kąta skrzyżowania nie powinna być mniejszy niż 60° , powinien też być ustawiony znak drogowy *G-4* „krzyż św. Andrzeja przed przejazdem kolejowym wielotorowym” w odległości 5 m od skrajnej szyny toru. W przypadku gdy odległość tego znaku od skrajnej szyny toru jest większa niż 5 m, odległość L należy zwiększyć o $0,25 V_{max}$, zaś L_1 o $0,07 V_{max}$ – na każdy metr zwiększonej odległości ustawienia znaku. Natomiast gdy wartość kąta skrzyżowania wynosi mniej niż 60° , wówczas na każde 5° poniżej 60° odległość 20 m (odcinek *EP*), przy ustalaniu L_1 od strony kąta ostrego, należy zwiększyć o 1 m. Zarządca kolei zobowiązany jest do sporządzania, prowadzenia i przechowywania metryki stanowiącej dokumentację techniczno-eksploatacyjną przejazdu kolejowo-drogowego lub przejścia. Metrykę przechowuje się przez cały okres użytkowania przejazdu lub przejścia. Wzór i zakres metryki określa załącznik nr 2 do rozporządzenia [3], o czym pisano w [2], zwracając uwagę na typowe prace geodezyjne, wymagające wpisów w metryce.

4. Pomiar geometrii przejazdu kolejowo-drogowego kategorii D

Pomiary sprawdzające stan geometrii warunków widoczności czoła pociągu z drogi publicznej przed przejazdem kolejowo-drogowym, przeprowadzono na przejeździe kategorii *D* (rys. 4 i 5). Zlokalizowany na linii dwutorowej (tor nr 1 – nieparzysty *N*, tor nr 2 – parzysty *P*, będące torami bezстыkowymi) o szerokości torów 1435 mm, w całości linia zelektryfikowana, przebiegająca przez trzy województwa: śląskie, opolskie i dolnośląskie. Prędkość maksymalna $V_{max} = 120$ km/h zarówno w torze numer 1, jak i 2. Linia ta zakwalifikowana jest jako linia kolejowa o kategorii pierwszorzędnej (1), objęta rewitalizacją, obejmującą między innymi: remont przejazdów z wymianą istniejącej nawierzchni drogowej oraz kompleksową wymianą istniejącej nawierzchni na typ 60E1 na podkładach strunobetonowych z przytwierdzeniem sprężystym. Przejazd kolejowo-drogowy zlokalizowany jest na odcinku prostym. Główki toków szyn ułożone są w jednym poziomie. Płyty przejazdowe, zarówno wewnętrzne, jak i zewnętrzne są obramowane na całej wysokości wyprofilowanym kształtownikiem z blachy stalowej.



Rys. 5. Przejazd kolejowo-drogowy kategorii *D* (fotografia własna)

Rys. 5. Level railroad crossings of category *D* (own photograph)

W pomiarach sprawdzających stan geometrii warunków widoczności czoła pociągu z drogi kołowej przed przejazdem kolejowo-drogowym, zastosowano przykładnicę magnetyczno-pomiarową w następujących trybach pracy z:

- tarczą pomiarową (rys. 8b i 8c),
- nasadką dalmierczą wyposażoną w dalmierz laserowy (rys. 8a, 8d i 8e),
- miniprzyzmatem GMP111 (rys. 7),
- metrem zwijanym (rys. 10),

oraz tachymetrem TC407 Leica nr 697413.

MMS zapewnia prawidłowy, trwały i stabilny montaż minipryzmatu GMP111 w taki sposób, że punkt centralny minipryzmatu pokrywa się z osią pionową otworu mocowania trzpienia i z krawędzią pomiarową płytki krawędziowej. Ta z kolei pokrywa się z dolną krawędzią główki szyny. Z kolei MMS jest przytwierdzony do górnej toczonej powierzchni główki szyny za pośrednictwem magnesów neodymowych [15]. Do pomiarów geometrii toru (szerokość toru, gradient szerokości toru, nierówności poziome i podłużne, przechyłka, wichrowatość) punkt pomiarowy jest położony 14 mm poniżej górnej powierzchni toczonej szyny. Natomiast w przypadku pomiaru strzałek, pomiar przeprowadza się do dolnej krawędzi główki szyny, tj. do najbardziej wystającego punktu główki szyny. O czym pisano w pracy [16]. W pomiarach geometrii przejazdu kolejowo-drogowego pomiar wykonuje się od skrajnej szyny po osi jezdni, względem dolnej krawędzi (rys. 7).



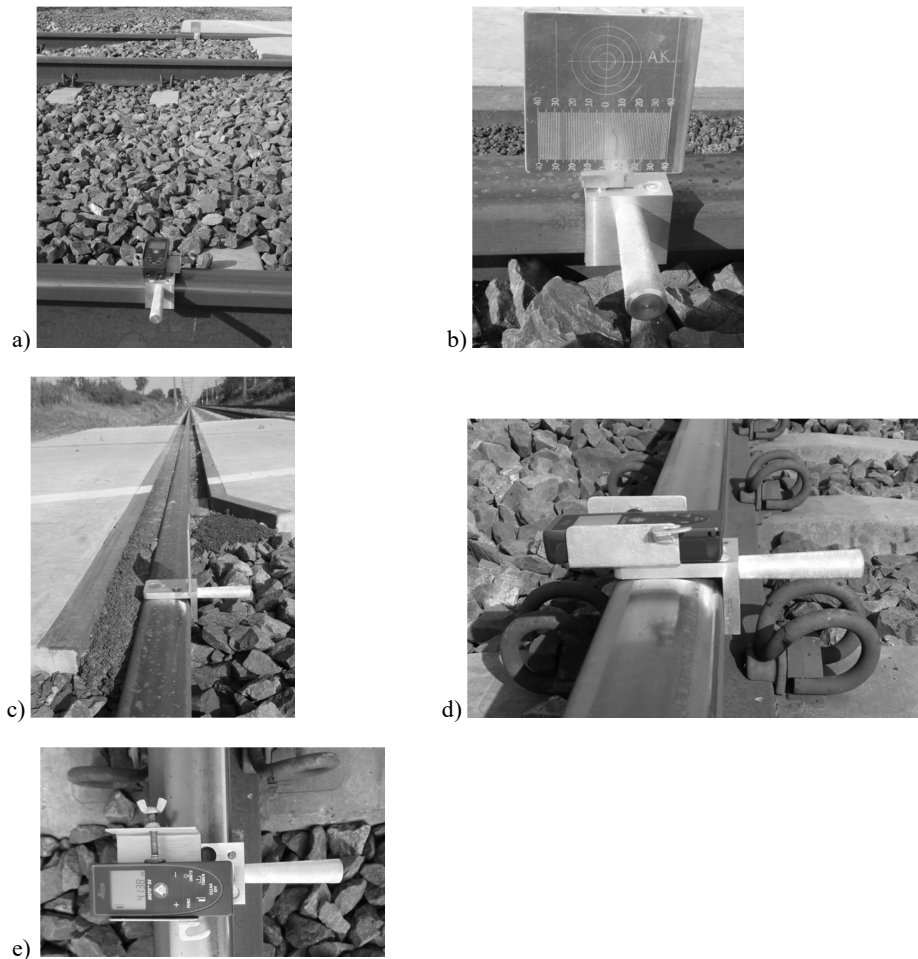
Rys. 6. Nieprawidłowe przyłożenie minipryzmatu GMP111 do szyny typu kolejowego (fotografia własna)

Fig. 6. Incorrect application of GMP111 mini-prism to railway type rail (own photograph)



Rys. 7. Prawidłowe przyłożenie minipryzmatu GMP111 do szyny typu kolejowego z przykładnicą magnetyczno-pomiarową (fotografia własna)

Fig. 7. Correct application of GMP111 mini-prism to railway type rail with a magnetic-measuring square (own photograph)



Rys. 8. Pomiar rozstawu torów (fotografia własna):

- MMS z dalmierzem laserowym i z tarczą pomiarową,
- MMS z tarczą pomiarową,
- tarcza pomiarowa pokrywająca się z wewnętrzną dolną krawędzią główki szyny,
- MMS z dalmierzem laserowym,
- tylna powierzchnia dalmierza laserowego pokrywająca się z wewnętrzną dolną krawędzią główki szyny

Fig. 8. Measurement distance between track centres (own photograph):

- MMS with Laser Distance Measuring Device (laser rangefinder) and with geodesic measuring disc,
- MMS with geodesic measuring disc,
- A geodesic measuring disc overlaps with the inner lower edge of the rail head,
- MMS with Laser Distance Measuring Device (laser rangefinder),
- The rear face of the laser rangefinder coincides with the inner lower edge of the rail head

Rysunek 6 przedstawia nieprawidłowe przyłożenie miniprzyzmatu GMP111 do szyny typu kolejowego, które (niestety) często jest wykonywane przez wykonawców prac geodezyjnych, w tym też podczas prac dotyczących opracowania projektów regulacji osi torów i dróg rozjazdowych. Należy zauważyć, że przekrój szyn charakteryzuje się kształtem dostosowanym do przekroju kół taboru kolejowego, tym samym posiadając różne skosy i promienie (dotyczy to między innymi styku koła taboru z szyną). Przyłożenie trzpienia z grotem nie zapewnia prawidłowego wyznaczenia punktu pomiaru.

Pomiar rozstawu torów (szerokość międzytorza), oprócz pomiaru metodą biegunową został wykonany z użyciem przykładnicy magnetyczno-pomiarowej, w trybie z dalmierzem laserowym i z tarczą pomiarową (rys. 8a÷d). Pomiar wykonano w pięciu przekrojach $d_1÷d_5$ (na początku i końcu przejazdu, w osi oraz 14 m przed i za przejazdem). Uzyskując średnią wartość rozstawu torów 4,135 m (tab. 1). Elementem składowym MMS jest przykładnica szynowa: prawa i lewa. MMS lewy został wyposażony w nasadkę dalmierczą w której został zabudowany dalmierz laserowy. Tylna powierzchnia dalmierza laserowego stanowi wartość zero, pokrywając się z krawędzią/powierzchnią pomiarową przykładnicy magnetyczno-pomiarowej i dolnej krawędzi główki szyny (rys. 8d i 8e). Z kolei MMS prawy został wyposażony w tarczę pomiarową dwustronną (podziałka milimetrowa pozioma, podziałka milimetrowa pionowa). Punkt przecięcia się krzyży celowniczych tarczy pomiarowej pokrywa się z wartością zero podziałki milimetrowej tarczy pomiarowej, następnie z osią pionową mocowania, krawędzią pomiarową i dolną krawędzią wewnętrzną główki szyny (rys. 8b i 8c). Pomiar objął również skrajnię w płaszczyźnie poziomej (w planie) do słupów trakcyjnych o lokacie: $14/17 = 2,578$ m i $14/18 = 2,600$ m. Tarczę pomiarową i nasadkę dalmierczą można obracać w zakresie 180° i dokonywać ich blokady. Rozwiązanie to wykorzystano podczas pomiaru długości płyt przejazdowych (rys. 9). Średnia całkowita długość płyt z uwzględnieniem szczeliny wynosi 6,015 m.

Tabela 1. Pomierzone wartości rozstawu torów 1 i 2

Table 1. A measured distance between track centres 1 and 2

Numer punktu pomiaru	Wartość międzytorza d_i [m]
d_1	4,134
d_2	4,138
d_3	4,135
d_4	4,134
d_5	4,134
Wartość średnia d	4,135



Rys. 9. Pomiar długości płyt przejazdowych z użycie MMS z tarczą pomiarową (fotografia własna)

Fig. 9. Measuring the length of the plates using MMS with a geodesic measuring disc (own photograph)



Rys. 10. Pomiar szerokości żłobków przejazdowych z użycie MMS i metra zwijanego (fotografia własna)

Fig. 10. Measuring the width of flangeway using MMSj and rolled up meter (own photograph)

Przykładnica magnetyczno-pomiarowa wyposażona jest w górnej powierzchni w rowek wzdłużny, który pokrywa się z krawędzią/powierzchnią pomiarową i boczną powierzchnią główki szyny (zewnętrznej lub wewnętrznej) (rys. 10). Umożliwiająca przymocowanie metra zwijanego. Pomiar szerokości żłobków na przejeździe kolejowo-drogowym wykonano 14 mm poniżej górnej tocznej powierzchni główki szyny. W tym celu zastosowano przykładnicę magnetyczno-pomiarową bez płytki krawędziowej. Wyznaczając tym samym prawidłowo punkt pomiaru. Rozwiązanie to zastosowano w pomiarach szerokości żłobków przejazdowych (rys. 10). Z kolei głębokość żłobka przy największym dopuszczalnym zużyciu szyny, mierzona była od górnej tocznej powierzchni główki szyny. Pomiar głębokości żłobków wykonano z użyciem suwmiarki. Wartości pomierzonych szerokości i głębokości żłobków przedstawia tabela 2. Zgodnie z zaleceniami Id-1 (D-1) [17] konstrukcja nawierzchni przejazdu wewnątrz toru powinna zapewnić swobodne przejście obrzeży kół taboru kolejowego. W tym celu przy obu szynach wewnątrz toru powinny być wykonane żłobki o głębokości minimum 38 mm (przy największym dopuszczalnym pionowym zużyciu szyny) i szerokości co najmniej 67 mm na torze w odcinku prostym i w łukach o promieniu $R \geq 350$ m, przy szerokości toru nie przekraczającej w eksploatacji 1445 mm. W tabeli 2 oznaczono kolorem czerwonym wartości przekraczające i graniczne minimum głębokości i szerokości żłobka.

Tabela 2. Pomierzone wartości szerokości i głębokości żłobków przejazdowych w torze 1 i 2

Table 2. A measured of the widths and depths of flangeway in track 1 and 2

Nr toru	Tok	Szerokość i głębokość żłobka przejazdowego [mm]					
		lewa krawędź		oś przejazdu		prawa krawędź	
		szerokość	głębokość	szerokość	głębokość	szerokość	głębokość
1	Z	65	39	67	40	68	37
	W	67	45	66	37	65	37
2	Z	67	35	67	40	63	37
	W	65	38	66	36	72	42

gdzie: Z – tok zewnętrzny

W – tok wewnętrzny

Długości odcinków widoczności czoła pociągu z drogi L oraz L_I (rys. 4, wzory 1 i 2) dla przejazdów przez dwa tory przy uwzględnieniu prędkości $V_{max} = 120$ km/h wynoszą: $L = 784,05$ m, $L_I = 466,73$ m. Prędkość maksymalna została ustalona na podstawie:

1. Regulaminu przydzielania tras pociągów i korzystania z przydzielonych tras pociągów przez licencjonowanych przewoźników kolejowych 2016/2017. Wykaz maksymalnych prędkości – pociągi pasażerskie. Załącznik 2.1 (P) PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Z którego wynika prędkość dla toru nieparzystego, jak i parzystego $V_{max} = 120$ km/h.
2. Interaktywnej mapy linii kolejowych, moduł charakterystyka linii kolejowej/maksymalne prędkości [18]. Z którego wynika prędkość dla toru nieparzystego, jak i parzystego $V_{max} = 120$ km/h.

Tabela 3. Pomierzone wartości kątów skrzyżowań warunków widoczności czoła pociągu z drogi kołowej dla toru nr 1 i 2

Table 3. A measured values of the intersections angles of visibility of the "face of the train" from the roadway for track 1 and 2

Nr toru / Data pomiaru	Pomiar warunków widoczności z drogi (odległość mierzona od skrajnej szyny)						Średnia odległość między osiami torów „d” [m]	Prędkość „V” pociągów w rejonie przejazdu kolejowo-drogowego [km/h]
	5 m		10 m		20 m			
	strona toru		strona toru		strona toru			
	prawa	lewa	prawa	lewa	prawa	lewa		
	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]		
1 01.06.2017 r.	68	112	66	114	60	120	4,135	120
2 01.06.2017 r.	65	115	68	112	59	121	4,135	120

Pomierzone wartości kątów skrzyżowania drogi kołowej z torem nr 1 i 2 zawiera tabela 3. Istniejący najmniejszy kąt skrzyżowania wynosi 59° . Wartości mniejsze od dopuszczalnych i graniczne oznaczono kolorem czerwonym.

Czoło zbliżającego się pociągu po torze nr 1 dla jazdy odbywającej się zgodnie z kierunkiem ruchu taboru kolejowego w zwykłych warunkach atmosferycznych nie jest widoczne dla kierujących pojazdami drogowymi z odległości 20 m (zasłonięcie istniejącym nasypem ziemi z krzakami i drzewami).

Czoło zbliżającego się pociągu po torze nr 2 dla jazdy odbywającej się zgodnie z kierunkiem ruchu taboru kolejowego w zwykłych warunkach atmosferycznych jest widoczne dla kierujących pojazdami drogowymi z odległości 20 m. Natomiast nie jest widoczne dla kierujących pojazdami drogowymi z odległości 20 m (zasłonięcie istniejącym nasypem ziemi z krzakami i drzewami) w przypadku gdy ruch taboru kolejowego odbywa się „po torze niewłaściwym” (w przeciwnym kierunku).

Maksymalna wysokość nasypu wynosi 1,61 m od strony toru nr 1, zaś od strony toru nr 2 wynosi 1,17 m. Jednak w miarę zbliżania się pojazdu drogowego do przejazdu, odcinek widoczności pociągu zwiększa się tak, że z odległości 10 m od skrajnej szyny (punkt *C*) czoło pociągu jest widoczne od punktu *D* tj. 784,05 m.

Przy drodze z obu stron przejazdu kolejowo-drogowego ustawione są znaki drogowe *B-20* „stop” i *G-4* „krzyż św. Andrzeja przed przejazdem kolejowym wielotorowym”. Średnia odległość znaku *G-4* od skrajnej szyny toru wynosi 5,66 m. Przejazd kolejowo-drogowy posiada długość 14,31 m. Szerokość przejazdu kolejowo-drogowego stanowi szerokość korony drogi na przejeździe kolejowo-drogowym i wynosi:

- 6,90 m od strony toru nr 2,
- 5,87 m od strony toru nr 1.

Istniejące pochylenie podłużne drogi na dojazdach do toru nr 1 na długości 20 m wynosi 0,8%, zaś do toru nr 2 na długości 20,0 m wynosi 1,0%. Średnia wysokość zawieszenia przewodów jezdnych sieci trakcyjnej w stosunku do górnej toczonej powierzchni główki szyny wynosi 5,25 m.

5. Wnioski

W artykule zawarto wyniki badań z zastosowaniem autorskich przyrządów pomiarowych w pomiarach geometrii widoczności przejazdu kolejowo-drogowego kategorii *D* według obowiązujących regulacji prawnych. W publikacji na bieżąco przedstawiano wnioski z ich interpretacją. MMS w trybie pracy z płytką i bez płytki krawędziowej zapewnia prawidłowe prowadzenie prac geodezyjnych lub diagnostycznych w transporcie szynowym. Artykuł stanowi część kompleksowych badań z zastosowaniem przykładowej magnetyczno-pomiarowej, która posiada zastosowanie również w pomiarach strzałek montażowych lub eksploatacyjnych torów zwrotnych w rozjazdach zwyczajnych oraz torach, jak i geometrii torów i dróg rozjazdowych o czym pisano w [16].

Przejazdy kolejowo-drogowe kategorii *D* stanowią charakterystyczny element infrastruktury kolejowej. Ponad 50% wszystkich skrzyżowań dróg kołowych z torem lub torami kolejowymi na terenie Polski to przejazdy kategorii *D*. Doku-

mentacja techniczno-eksploatacyjna w postaci metryk, wymaga prawidłowych wpisów danych, wynikających z przeprowadzenia prac geodezyjnych i prac diagnostycznych, o czym pisano w [2], ze szczególnym wyróżnieniem typowych prac geodezyjnych w pomiarach geometrii przejazdów kolejowo-drogowych.

Literatura

- [1] Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym (Dz.U. 2003 nr 86 poz. 789).
- [2] Kampczyk A.: Pomiar geometrycznych warunków widoczności przejazdu kolejowo-drogowego, *Przegląd Komunikacyjny*, nr 8, 2017, s. 2-7.
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 20 października 2015 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych oraz bocznic kolejowych z drogami i ich usytuowanie (Dz.U. 2015 poz. 1744).
- [4] Raport NIK dotyczący bezpieczeństwa ruchu na przejściach i przejazdach kolejowo-drogowych (KIN.410.003.00.2016/Nr ewid. 200/2016/P/16/029/KIN), <https://www.nik.gov.pl/plik/id,12954,vp,15363.pdf> {dostęp 16.06.2017 r.}.
- [5] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 26 lutego 1996 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi i ich usytuowanie (Dz.U. 1996 nr 33 poz. 144).
- [6] Sancewicz S.: Nawierzchnia kolejowa, Wydawca PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Opracowanie Kolejowa Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2010.
- [7] Cieślakowski S., Rudzki P.: Analiza i ocena bezpieczeństwa na przejazdach kolejowych, *Autobusy*, nr 6, 2016, s. 117-124.
- [8] Młyńczak J., Celiński I.: Monitoring zachowania kierowców na przejazdach kolejowych w zakresie transportu towarów niebezpiecznych i wrażliwych, *Autobusy*, nr 6, 2016, s. 320-327.
- [9] Tey Li-Sian, Ferreira L., Wallace A.: Measuring driver responses at railway level crossings, *Accident Analysis & Prevention*, vol. 43, issue 6, 2011, pp. 2134-2141.
- [10] Salmane H., Khoudour L., Ruichek Y., Improving safety of level crossings by detecting hazard situations using video based processing, in *Proceedings of the IEEE International Conference on Intelligent Rail Transportation (ICIRT '13)*, pp. 179-184, IEEE, Beijing, China, September 2013.
- [11] Wullems Ch., Hughes P., Nikandros G.: Modelling risk at low-exposure railway level crossings: supporting an argument for low-cost level crossing warning devices with lower levels of safety integrity, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, vol.227, issue 5, pp. 560-569, 2013.
- [12] Sever D.: New approach to determining visibility length on passive protected level road crossings, *Promet-Traffic&Transportation*, vol. 24, no.6, 2012, pp. 479-486, <http://www.fpz.unizg.hr/traffic/index.php/PROMTT/article/view/1203/1027> {dostęp 14.08.2017 r.}.
- [13] Pravilnik o nivojskih prehodih. Na podlagi desetega odstavka 51. člena Zakona o varnosti v železniškem prometu (Uradni list RS, št. 56/13 – uradno prečiščeno besedilo, 91/13, 82/15 in 84/15) izdaja minister za infrastrukturo. Zasady przejazdów kolejowych. Zgodnie z art. 51 akapit dziesiąty ustawy o bezpieczeństwie transportu kolejowego (Dziennik Urzędowy Republiki Słowenii, nr 56/13 – oficjalny tekst ujednolicony, 91/13, 82/15 i 84/15) Minister Infrastruktury, <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV11887> {dostęp 05.01.2018 r.}.

- [14] Gikas V.: Railway Geodesy: The Benefit of Using a Multi-discipline Approach for the Assessment of Track Alignments During Construction, https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/cairo/papers/ts_22/ts22_04_gikas.pdf {dostęp 12.08.2017 r.}.
- [15] Kampczyk A.: Przykładnica magnetyczno-pomiarowa i jej zastosowanie. Zgłoszenie patentowe: P. 420214.
- [16] Kampczyk A.: Pomiar strzałek montażowych toru zwrotnego w rozjeździe, *Przegląd Geodezyjny*, nr 5, 2017, s. 4-9.
- [17] Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1 (D-1), Warszawa, 2005 z póź. zm. (z uwzględnieniem zmian wprowadzonych uchwałą Nr 1223/2015 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 22 grudnia 2015 r.).
- [18] <http://mapa.plk-sa.pl/> {dostęp 30.06.2017 r.}.

GEOMETRY OF D CATEGORY ROAD AND RAILWAY CROSSING

Summary

Railway crossings constitute a specific element of the railroad infrastructure. High traffic intensity on level crossings of railways with roads increases the probability of traffic accidents. The safety on road and railway crossings is dependent on the condition of its geometry, behaviour of the traffic participants, as well as correct performance of the duties of the railway and road infrastructure administration. This paper discusses issues related to measuring the geometry of *D* category road and railway crossings, including proprietary measurements. The measurements employed a magnetic-measuring square – MMS with:

- a surveying measuring disk,
- an adapter with a laser distance meter,
- GMP111 mini-prism,
- rolled up meter,

and Leica TC407 tachymeter no. 697413.

The geometry measurements were supported by diagnostic works carried out on the crossings. The legal regulations resulting from the Minister of Infrastructure and Development Decree of October 20, 2015 on the technical conditions to be fulfilled by the crossings of railways and railway sidings with roads, and their placement, introduce the obligation to prepare technical and operating documentation of every road and railway crossing or passage, which the documentation is known as the road and railway crossing/passage certificate. This certificate requires obtaining data entries through geodetic and diagnostic works. The problem of road and railway crossings was negatively assessed in the Supreme Chamber of Control Report concerning safety of traffic on road and railway crossings (KIN.410.003.00.2016 / Ref. 200/2016/P/16/029/KIN). The most serious irregularities concern the crossing certificates. In order to correctly perform geometrical measurements of crossings, possessing additional specialist measuring instruments is required. The paper includes proprietary observations and conclusions. The article was prepared as part of the AGH statutory research no. 11.11.150.005.

Keywords: crossing, visibility splay, crossing certificate, crossing measurement, passage, railway and road crossing, magnetic-measuring square, MMS, railway and road crossing geometry

Przesłano do redakcji: 30.08.2017 r.

Przyjęto do druku: 31.01.2018 r.