

*Dr inż. Michał Strach,
Mgr inż. Marcin Piekarz
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie*

NOWOCZESNE URZĄDZENIA W POMIARACH DRÓG KOLEJOWYCH

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie
2. Nowoczesne urządzenia wykorzystywane w pomiarach nawierzchni kolejowej
3. Podsumowanie

STRESZCZENIE

Artykuł opisuje nowoczesne systemy pomiarowe wykorzystywane w drogach kolejowych. Urządzenia sklasyfikowano według prędkości prowadzenia pomiarów. Przedstawione rozwiązania są stosowane na kolejach konwencjonalnych i kolejach dużych prędkości.

1. WPROWADZENIE

Modernizowane i nowo budowane trasy kolejowe muszą spełniać postanowienia wielu norm. Część z nich jest związana z zachowaniem położenia toru w stosunku do innych elementów infrastruktury kolejowej. Prace dotyczące prawidłowego ukształtowania geometrycznego budowanego toru są zarezerwowane dla geodetów. Rozróżnia się geodezyjne pomiary realizacyjne prowadzone podczas budowy linii kolejowej oraz pomiary inwentaryzacyjne prowadzone w czasie jej eksploatacji. Zadaniem pomiarów realizacyjnych jest zapewnienie prawidłowego ukształtowania geometrycznego budowanego toru, natomiast pomiary inwentaryzacyjne dostarczają informacji o aktualnym stanie geometrycznym eksploatowanych torów i stanowią podstawę do przygotowania projektu regulacji.

Niezależnie od prac geodezyjnych są prowadzone okresowe badania diagnostyczne dróg kolejowych w celu określenia wielkości opisujących geometryczny stan toru. Mierzone są: szerokość toru, różnica wysokości toków szynowych oraz nierówności szyn w płaszczyźnie poziomej i pionowej. Pomiar poszczególnych parametrów geometrycznych może być realizowany różnymi urządzeniami. Artykuł opisuje nowoczesne technologie pomiarów służących do budowy i diagnostyki torów kolejowych oraz

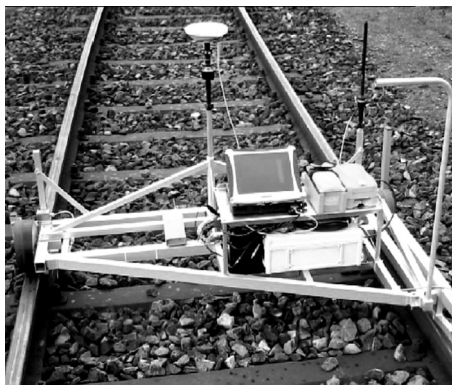
charakteryzuje najważniejsze aspekty wybranych systemów pomiarowych. Szersze opracowanie można znaleźć w pracy [2].

2. NOWOCZESNE URZĄDZENIA WYKORZYSTYWANE W POMIARACH NAWIERZCHNI KOLEJOWEJ

We współczesnych pomiarach stosowanych w geodezji kolejowej można zauważyć dwie tendencje. Pierwsza z nich polega na otrzymywaniu jak największej liczby informacji w trakcie pojedynczego pomiaru, czyli otrzymywaniu zarówno parametrów geometrycznych trasy, jak i współrzędnych. Druga tendencja polega na zdecydowanym przyspieszeniu pomiarów. Pod tym względem systemy pomiarowe można podzielić na trzy grupy. Do pierwszej grupy należą systemy umożliwiające pomiar ok. 0,5 kilometra trasy na godzinę. Do drugiej grupy należą systemy pomiarowe, dzięki którym można pomierzyć w ciągu godziny trasę o długości od 0,5 km do 5 km. Systemy z trzeciej grupy pozwalają na pomiar przeszło 250 kilometrów trasy w ciągu jednej godziny.

Systemy z pierwszej grupy, wykorzystujące przede wszystkim pomiar cięciw, mimo iż są dokładne, obecnie ustępują przede wszystkim systemom z drugiej grupy, które umożliwiają nie tylko wyznaczenie podstawowych parametrów trasy, ale również wyznaczenie jej położenia. Do tej grupy należy między innymi system Swiss Trolley (rys. 1) [1]. Projekt stworzenia wózka pomiarowego dla kolei zwanego Swiss Trolley powstał w 1995 r., jednak dopiero od 2002 r. intensywne prace nad nim prowadziła Szwajcarska Komisja Technologii i Innowacji (*Swiss Commission for Technology and Innovation*) przez swój Instytut Geodezji i Fotogrametrii (*Institute of Geodesy and Photogrametry*) w Zurychu. Prace zakończono w 2005 r. Od tej pory ten system jest wykorzystywany do wyznaczania elementów trasy kolejowej. Może on pracować w trzech trybach:

- podstawowym **B** (*Basic*),
- pozycyjnym **P** (*Positioning*),
- skanującym **S** (*Scanning*).



Rys. 1. Wózek pomiarowy systemu Swiss Trolley [1]

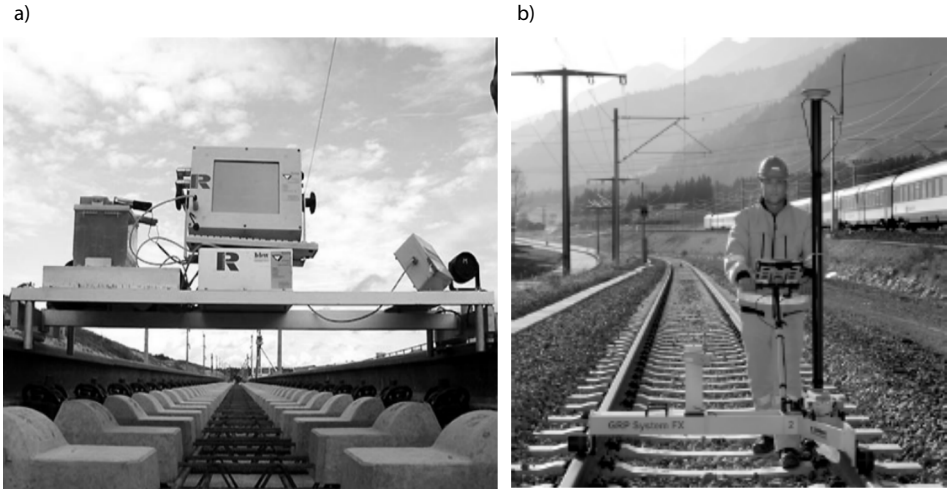
Do pracy w trybie podstawowym wystarczy jedynie wózek pomiarowy. Jego konstrukcja oraz specjalne oprogramowanie umożliwia wyznaczenie podstawowych parametrów geometrycznych trasy kolejowej. Do parametrów wyznaczanych w trakcie pomiaru należą: przechyłka, szerokość toru i gradient szerokości toru. Na podstawie tych parametrów wyznaczana jest także wichrowatość. Dzięki pracy odometru Baumer BHL 16.24K2000-B4-4, który jest zamontowany w przednim kole wózka pomiarowego, wyznacza się wartość przebytej drogi z błędem nie przekraczającym 25 cm na kilometr.

Praca w trybie pozycyjnym wymaga wykorzystania geodezyjnego sprzętu pomiarowego, zarówno tachymetrów, jak i odbiorników GPS. Wykonanie pomiarów z użyciem tachymetrów lub techniki GPS jest możliwe dzięki specjalnej kolumnie umieszczonej na korpusie wózka pomiarowego. Kolumna ta umożliwia zamontowanie na niej minipryzmatu i anteny GPS. Dzięki wykorzystaniu tachymetrów z serwowatorami jest możliwa pełna automatyzacja prowadzonych pomiarów. Precyzyjne tachymetry umożliwiają pomiar kąta z dokładnością 1" pomiar odległości zaś przy najmocniejszym trybie pracy dalmierza jest możliwy z dokładnością 1 mm + 1 ppm¹. W wypadku wykorzystania systemu GPS jest możliwy pomiar metodą RTK-GPS w dwóch trybach: kinematycznym i semikinematycznym. Dokładności w płaszczyźnie poziomej, uzyskane podczas pomiaru RTK metodą *stop&go* wynoszą 1 cm + 1 ppm.

Trzeci tryb pracy – skanujący – wykorzystuje skaner laserowy SICK LMS200-30106. Wewnątrz skanera znajdują się obrotowe lustra, których częstotliwość obrotu wynosi 75 Hz. Obracają one wiązkę lasera w przedziale od 0° do 180°. System Swiss Trolley jest oparty na pracy dwóch skanerów, jednak są one tak skalibrowane, że wiązka wysłana przez pierwszy skaner nie pokrywa się z wiązką lasera wysłaną przez drugi skaner, czyli wiązki obu laserów nie nakładają się na siebie. Dlatego przed pomiarem istotną czynnością jest ich ustawienie i skalibrowanie. Możliwe jest także zastosowanie układu czterech skanerów. Praca dwóch skanerów umożliwia wykonanie pomiaru z prędkością 1 m/s, praca czterech skanerów umożliwia wykonanie pomiaru z prędkością 0,5 m/s. Dokładność wyznaczenia pozycji dzięki pomiarom z wykorzystaniem skanera laserowego wynosi 3 mm.

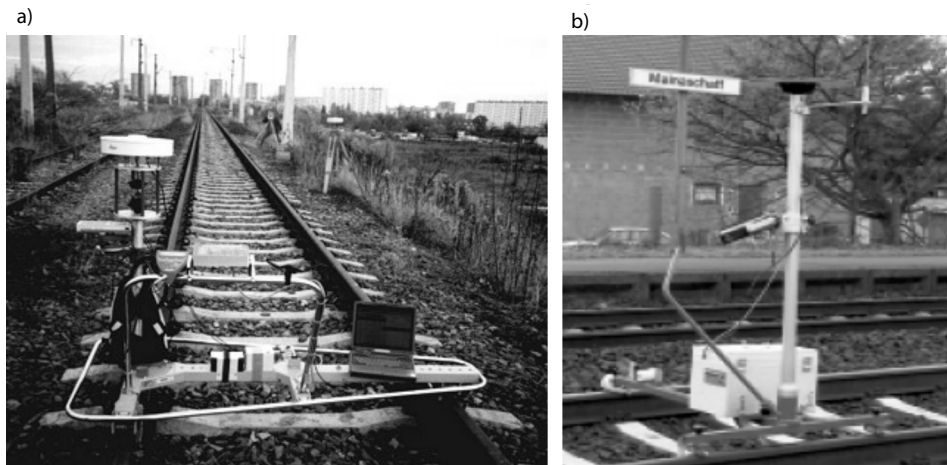
Bardzo zbliżony do opisanego jest system Hergie (rys. 2a) firmy Rhomberg Bahntechnik oraz system GRP FX (rys. 2b) [5], stworzony przez firmę Amberg. Oba systemy wykorzystują pracę wózka pomiarowego, pozwalającego na wyznaczenie podstawowych parametrów geometrycznych. Na kolumnie wózka jest umieszczany zamiennie pryzmat dalmierczy i antena GPS. Dzięki temu jest możliwy pomiar tachymetryczny i wykorzystanie techniki satelitarnej GPS. Systemy zostały wyposażone w specjalistyczne oprogramowanie, które umożliwia zapisywanie wyników pomiarów w formie liczbowej i w postaci odpowiednich wykresów.

1. ppm (ang. *parts per milion*) – wielkość stosowana do scharakteryzowania błędu względnego pomiaru liniowego; w tym wypadku wynosi 1 mm/km.



Rys. 2. Wózki pomiarowe [5]: a) systemu HERGIE, b) systemu GRP FX

Pierwszy polski systemem, zbliżony funkcjonalnie do opisanych, opracowano w Katedrze Geodezji Inżynieryjnej i Budownictwa Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie (rys. 3a) [4]. System zbudowano na bazie toromierza TEB-1435 polskiej firmy PUT GRAW Sp. z o.o. Toromierz wyznacza podstawowe parametry geometryczne co 0,5 m. Jest przystosowany do wyznaczania szerokości torów z przedziału 1420÷1485 mm i przechyłki o maksymalnej wartości ± 200 mm. Toromierz wyznacza nierówności pionowe w zakresie ± 4 mm/1 m, nierówności poziome zaś w zakresie ± 5 mm/1 m. Urządzenie wyznacza wymienione parametry geometryczne z rozdzielczością 0,1 mm. Wszystkie wielkości rejestrowane przez toromierz służą jedynie do wprowadzania odpowiednich korekt do wyznaczonych położenia punktów osi toru. Korekty te wynikają z wysokiego usytuowania punktów obserwowanych, które są sygnalizowane anteną satelitarną GPS lub pryzmatem dalmierzczym.





Rys. 3. Wózki pomiarowe: a) Katedry Geodezji Inżynierskiej i Budownictwa AGH [fot. M. Strach],
b) systemu Geo++® GNBAHN [6], c) systemu Intermetric [7]

Na ramieniu toromierza zamontowano specjalną kolumnę, na której umieszcza się antenę GPS umożliwiającą pomiar RTK GPS. Praca tą metodą wykorzystuje system ASG/EUPOS lub stacje referencyjne zakładane w punktach osnów geodezyjnych. W wypadku inwentaryzacji torów położonych w pobliżu wysokich przeszkód terenowych, na kolumnie umieszcza się wymiennie przyzmat dalmierczy. Takie rozwiązanie umożliwia prowadzenie precyzyjnych pomiarów z wykorzystaniem tachymetru. Uzyskane w pomiarach inwentaryzacyjnych współrzędne punktów reprezentujących rzeczywistą oś toru stanowią podstawę do opracowania projektu regulacji toru. Dodatkowo istnieje możliwość instalacji dalmierza bezreflektorowego DISTO, przeznaczonego do pomiaru odległości pomiędzy osią toru, a obiektami usytuowanymi wzdłuż toru. Pomierzone odległości wykorzystuje się do kontrolowania skrajni budowli w trakcie przygotowywania projektu regulacji toru. System wykorzystuje urządzenia firmy Leica: odbiorniki satelitarne GPS serii 500, tachymetr TC 2002 lub TCA 2003, jednak jest możliwe zastosowanie tachymetrów i odbiorników GPS innych firm.

Do tej samej grupy należy również niemiecki system Geo++® GNBAHN (rys. 3b) stworzony przez firmę Geo++, który w swojej pracy wykorzystuje technikę GPS [6]. Zastosowanie techniki pomiarów satelitarnych jest możliwe dzięki antenie GPS zamontowanej na specjalnym wózku pomiarowym SURVER. Urządzenie umożliwia wyznaczenie wartości przechyłki, dodatkowo ma specjalny wskaźnik do zaznaczenia z kilkumilimetrową dokładnością punktów charakterystycznych w terenie, np. punktów głównych trasy. Prawidłowa praca tego systemu jest możliwa dzięki rozbudowanej w Niemczech sieci stacji referencyjnych. Wyznaczenie pozycji w płaszczyźnie poziomej jest realizowane z dokładnością od 5 mm do 10 mm. W tej samej grupie technologicznej można znaleźć system INTERMETRIC (rys. 3c) [7]. Urządzenie wykorzystuje ruchomą tarczę odbierającą wiązkę lasera. Tarcza znajduje się na wózku pomiarowym i określa położenie plamki lasera z dokładnością 0,5 mm. System ten wykorzystuje tachymetr

Elta S10, który umożliwia pomiar kąta z dokładnością 3" i pomiar odległości z dokładnością 1 mm + 2 ppm. Maksymalny zasięg pomiaru odległości do pojedynczego reflektora wynosi 2 500 m.

Inny zestaw pomiarowy z drugiej grupy nosi nazwę TQM (*Track Quality Measuring*) (rys. 4) [8]. System stworzony przez Polaka Edwarda Lena, wykorzystuje pracę specjalnego wózka pomiarowego, który umożliwia wyznaczenie nierówności pionowych i poziomych, przechyłki oraz szerokości toru. Ukształtowanie geometryczne trasy jest możliwe przez wyznaczenie wartości strzałek. Są one mierzone względem cięciw, które tworzy konstrukcja wózka pomiarowego. W systemie TQM można wyróżnić trzy rodzaje wózków:

1. Wózek TQM 21, w którym do wyznaczenia strzałek poziomych stosuje się cięciwę o długości 2 metrów, a do pomiaru strzałek pionowych cięciwę o długości 1 m. Wózek ten stosuje się do pomiaru rozjazdów oraz bocznicy.
2. Wózek TQM 22, w którym do wyznaczenia strzałek poziomych i pionowych stosuje się cięciwy o długości 2 m. Urządzenie stosuje się do pomiaru bocznicy oraz torów kolei konwencjonalnych.
3. Wózek TQM 32, w którym do wyznaczenia strzałek poziomych stosuje się cięciwę o długości 3 m, a do pomiaru strzałek pionowych cięciwę o długości 2 m. Takie urządzenie wykorzystuje się do pomiaru linii o dużych prędkościach.



Rys. 4. Wózek pomiarowy systemu TQM [8]

W tym systemie jest możliwe wykorzystanie tachymetrów. O ile w rozwiązaniach GRP FX, Hergie, Swiss Trolley tachymetry są ustawiane poza trasą, a pomiar następuje do minipryzmatów zmontowanych na wózkach, to w systemie TQM jest nieco inaczej. Istnieje tutaj możliwość zmontowania tachymetru na korpusie wózka pomiarowego. Takie rozwiązanie umożliwia prowadzenie pomiarów zarówno kierunków, jak i odległości do przyzmatów znajdujących się na słupach trakcyjnych oraz do punktów odniesienia, np. osnów geodezyjnych. Punkty te mają wyznaczone wartości współrzędnych i są to punkty systemu PALAS oraz EM-SAT. Dodatkowym rozwiązaniem w tym systemie jest stworzenie specjalnej platformy TPG. Ma ona dwa przyzmaty i umożliwia jednoczesny pomiar nie tylko torów, po których porusza się wózek pomiarowy z tachymetrem, ale również sąsiednich toków szynowych.

Innym rozwiązaniem jest system PALAS (rys. 5). Został on stworzony w Szwajcarii przez J. Müllera, który prace nad tym projektem rozpoczął już w latach dziewięćdziesiątych XX wieku. Jak na tamte czasy, było to rewolucyjne rozwiązanie. System został wdrożony w 1994 r. na terytorium Szwajcarii, jednak szybko przyjął się w Wielkiej Brytanii, a od 2003 r. jest również wykorzystywany we Francji do pomiaru torów, po których poruszają się pociągi TGV.



Rys. 5. Sposób zmontowania sensorów systemu PALAS [6]

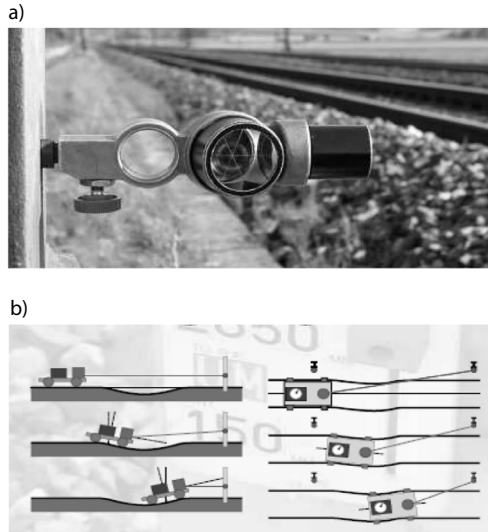
System PALAS wykorzystuje podbijkarkę B45 firmy Matisa. Na jej przedniej części są zamocowane podstawowe elementy systemu pomiarowego zwane sensorami. Są to:

- Skaner laserowy RALF, który przez uwalnianą wiązkę lasera poszukuje przyzmatów, zamocowanych na słupach trakcyjnych (rys. 6a) oraz mierzy wartość pionowego i poziomego wychylenia kąтового względem pozycji podbijkarki.
- Żyroskop, a właściwie tzw. system DRU (*Dynamic Reference Unit*), jest oparty na wojskowych standardach. System ten składa się z trzech bezwładnościowych żyroskopów elektronowych, które umożliwiają orientację podbijkarki w przestrzeni. Zespół żyroskopów charakteryzuje się niewrażliwością na wpływ mas magnetycznych i zakłóceń pola magnetycznego, które mogłyby generować dodatkowe błędy.

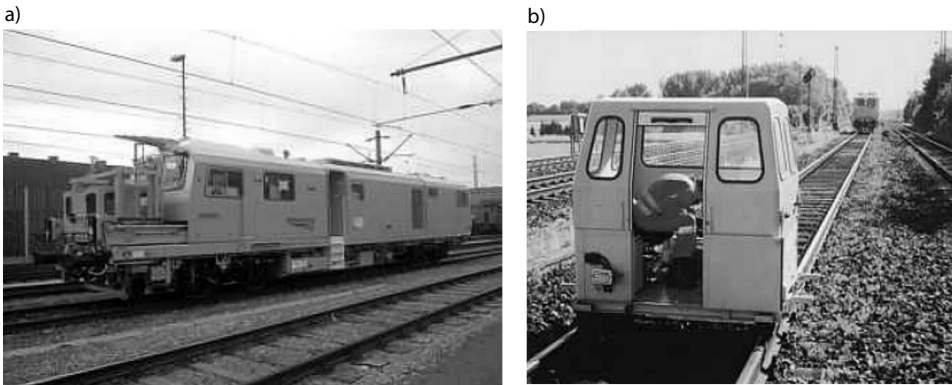
Podbijkarka jest dodatkowo wyposażona w odometr, który dokonuje pomiaru odległości, przy czym po przejechaniu kolejnego znaku na słupie trakcyjnym, następuje zerowanie licznika trasy. Taka konstrukcja systemu pomiarowego umożliwia wyznaczenie pozycji (rys. 6b).

Ostatnim opisywanym systemem z tej grupy jest system EM-SAT (rys. 7), opracowany przez austriacką firmę Plasser&Theurer. Jak wskazuje dwuczłonowa nazwa tego systemu, składa się on z dwóch podstawowych komponentów: EM (rys. 7a) oraz SAT (rys. 7b). Pierwszy człon nazwy wywodzi się od nazwy drezyny pomiarowej wykorzystywanej w tym systemie, drugi zaś, od wózka pomiarowego zwanego satelitą. W tym systemie najczęściej jest wykorzystywana drezyna pomiarowa EM 120, stąd też pełna nazwa systemu brzmi EM-SAT 120. Jego głównym składnikiem jest wózek pomiarowy, który

realizuje pomiar układu geometrycznego za pomocą bezdotykowych, inercyjnych, nawigacyjnych systemów INAV (*Non-Contact Inertial Navigational Track Geometry Measuring System*) [9].



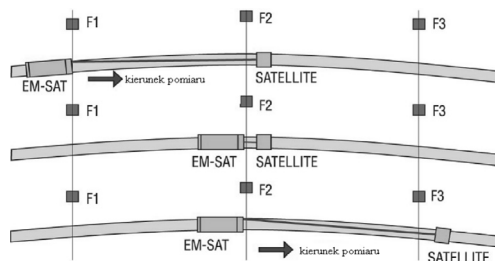
Rys. 6. System PALAS: a) przyzmat wykorzystywanego w tym systemie, b) zasada pomiarów



Rys. 7. Komponenty systemu EM-SAT [9]

System EM-SAT bazuje na pomiarze długich cięciw z całkowitym nawiązaniem do znaków znajdujących się na słupach trakcyjnych. Końce tych cięciw są zdefiniowane jako przekrój pomiędzy linią łączącą przeciwległe słupy trakcyjne. Fizycznie cięciwa jest realizowana za pomocą sygnału emitowanego przez źródło lasera, umieszczonego na wózku satelity. Jego sygnał jest odbierany przez matrycę znajdującą się w przedniej części drezyny pomiarowej. Po pomiarze długości cięciw obliczane są strzałki. Procedura pomiaru systemu EM-SAT jest następująca (rys. 8):

1. Wózek ze źródłem lasera przesuwa się w kierunku następnego punktu referencyjnego i ustawia się 5 – 10 metrów za odpowiednim punktem.
 2. Maszyna przesuwa się co 20 cm i rejestruje następujące parametry: przechyłkę, szerokość toru, strzałki poziome i pionowe.
 3. Główna maszyna zatrzymuje się na drugim punkcie referencyjnym, wykonuje pomiar strzałki w lokalnym układzie zdefiniowanym przez punkt początkowy i kierunek cięciwy wyznaczony przez wózek. Lokalny system może być przetransformowany do głównego układu odniesienia.
 4. Wózek przesuwa się do następnego punktu i procedura pomiarowa jest powtarzana.
- Dokładność wyznaczenia położenia punktów w tym systemie wynosi od 2 mm do 3 mm, przy cięciwach o długości około 70 metrów.



Rys. 8. Pomiar w systemie EM-SAT

Od 2000 r. w systemie EM-SAT wykorzystuje się technikę GPS. Pozwala to na zastąpienie słupów trakcyjnych stacjami referencyjnymi, dzięki czemu długość wykorzystywanych cięciw w tym systemie zwiększa się do 250 m. Jediną wadą systemu EM-SAT GPS jest niewystarczająca dokładność wyznaczenia pozycji, która przy użyciu technologii DGPS wynosi 0,4 m. Obecnie często stosuje się kombinację tych dwóch odmian systemu EM-SAT. Dodatkowo EM-SAT można wyposażyć w skaner laserowy, który gromadzi informacje na temat trasy kolejowej w postaci chmury punktów. Skaner jest umieszczony na dachu przedniej części drezyny pomiarowej. Zakres pracy skanera laserowego wynosi 100°, skanowanie zaś, następuje w interwale dwumetrowym z dopuszczalną prędkością 15 km/h.

Trzecią grupą systemów pomiarowych są urządzenia, które mogą pomierzyć więcej niż 250 kilometrów trasy w ciągu godziny. Takie rozwiązania zostały wymuszone przez stałą rozbudowę sieci linii dużych prędkości, które muszą gwarantować nie tylko wysoki komfort jazdy, ale również bezpieczeństwo. Dlatego też na potrzeby szybkich kolei powstały specjalne jednostki pomiarowe. Prace nad nimi trwały od 2004 r. Postanowiono, że nowe jednostki będą bazować na istniejącym składzie TGV Réseau 4 530, który w tym czasie został wyłączony z normalnej eksploatacji. Nową jednostkę, noszącą nazwę IRIS 320 (rys. 9), przekazano do użytku w 2006 r. Napęd tego pociągu, jak każdego TGV, umożliwia jazdę z prędkością do 320 km/h, a w określonych warunkach nawet do 350 km/h. Prędkość wykonywanych pomiarów i możliwość ich przeprowadzenia bez wyłączania linii z ruchu, sprawiła, że jednostka pomiarowa IRIS 320 jest w stanie skontrolować 3 500 – 5 000 km linii tygodniowo lub 200 tys. km rocznie.



Rys. 9. Jednostka pomiarowa IRIS 320

Dzięki temu linie kolejowe są kontrolowane częściej, przez co jest możliwe wcześniejsze wykrywanie usterek. IRIS 320 umożliwia wykonanie badań i pomiarów następujących parametrów:

- układ geometryczny toru pod obciążeniem – pomiar kamerą wideo, laserem i czujnikami bezwładnościowymi;
- oddziaływanie pojazd – tor na początku, w środku i na końcu pociągu, co umożliwia ocenę spokojności jazdy;
- uszkodzenia główki szyny – analiza na podstawie obrazów zarejestrowanych przez kamery liniowe;
- przyspieszenie łożysk zestawów kołowych i hałas kół;
- dynamika przewodu jezdnego i ocena zużycia przewodu jezdnego według wymagań SNCF;
- wykrywanie iskrzenia;
- pomiary prądów zwarciovych w obwodach torowych na początku i na końcu pociągu, pomiary impedancji poprzecznej;
- pomiary prądu trakcyjnego powrotnego – pomiar różnic w prądzie powrotnym między dwoma tokami szyn;
- pomiary przechyłki.

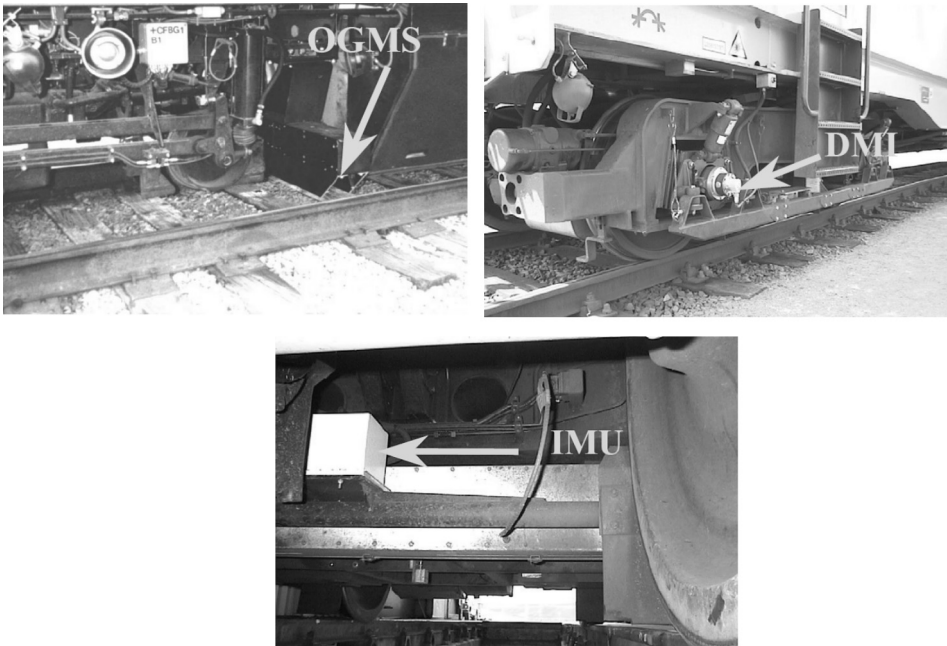
W tego typu jednostkach najczęściej stosowanym systemem pomiarowym jest system POS TG (rys. 10) stworzony przez firmę Applanix [3]. Jest to system nawigacyjny, który dodatkowo umożliwia realizowanie pomiaru geometrycznych parametrów toru. Dostarcza on stale dokładną pozycję geograficzną (szerokość, długość, wysokość), szybkość wektora, orientację i dynamikę pojazdu (przyspieszenie i prędkość kątową wektora). POS TG składa się z następujących składników:

- systemu komputerowego (PCS),
- czterech czujników (sensorów),
- pomiarowej jednostki inercyjnej (IMU),
- odbiornika GPS,
- wskaźnika pomiaru odległości (DMI),
- optycznego systemu pomiarowego (OGMS).



Rys. 10. System POS TG [3]

Modularność konfiguracji POS TG umożliwia prostą instalację na każdym pojeździe szynowym (dreźnie pomiarowej). IMU jest zintegrowanym zestawem sensorów z akcelerometrem i żyroskopem połączonym z systemem za pomocą kabla światłowodowego. DMI umożliwia uzyskanie impulsów reprezentujących obroty kół. Suma impulsów przedstawia pomiar odległości, jaką przebył pojazd. POSTG używa danych DMI do obliczenia parametrów toru oraz do poprawienia danych nawigacyjnych z GPS, gdy sygnał GPS jest niedostępny. Optyczny układ pomiarowy OGMS jest systemem laserowym, który mierzy przemieszczenia każdej szyny w stosunku do punktu referencyjnego, np. centralnego punktu IMU. Połączone z danymi pozycyjnymi OGMS dokładnie określa położenie każdej szyny i pozwala na precyzyjne obliczenie położenia osi toru



Rys. 11. Optyczny układ pomiarowy OGMS

i parametrów poziomej płaszczyzny łuków. Tak jak IMU, OGMS jest zwykle montowany na pojedynczej osi lub na wózku wagonowym (rys. 11).

System POS TG umożliwia wyznaczenie wartości przechyłki, szerokości toru, oraz krzywizny z dokładnością 1 mm. Zmiana wartości krzywizny jest wyznaczana z dokładnością 0,2 mm/m. Wichrowatość, różnicę wysokości toków szynowych oraz nierówności poziome system wyznacza z dokładnością 1 mm.

3. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono nowoczesne systemy z zakresu diagnostyki nawierzchni kolejowej. Opisane technologie pomiarowe zostały opracowane i wdrożone w państwach cieszących się bogatą tradycją kolejową, a zarazem sprzyjającymi warunkami w zakresie prowadzenia prac badawczo-naukowych. Zgodnie z propozycją Szwajcarskiej Komisji Innowacji i Technologii wszystkie urządzenia sklasyfikowano według prędkości prowadzenia pomiarów. Graniczną wartością jest prędkość 5 km/h, poniżej której zestaw pomiarowy najczęściej jest pchany przez człowieka. Urządzenia wykonujące pomiar z dużo większymi prędkościami są montowane na pojazdach z własnym napędem. Są to rozwiązania stosowane w torach przeznaczonych dla pociągów o dużych prędkościach. Zaletą tych rozwiązań jest szybkość wykonania pomiarów na długich odcinkach. Należy jednak podkreślić, że wraz z rosnącą prędkością maleje dokładność wyznaczenia poszczególnych parametrów geometrycznych toru. Wówczas na wadliwych odcinkach, wytypowanych z pomiarów z dużymi prędkościami, prowadzi się pomiary szczegółowe z zastosowaniem precyzyjnych instrumentów geodezyjnych i czujników laserowych.

W Polsce, pierwsze prace nad budową precyzyjnego systemu pomiarowego wyposażonego w urządzenia geodezyjne, rozpoczęto w 1999 r. na Wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH im. St. Staszica w Krakowie. Wyniki jakie uzyskano w trakcie badań doświadczalnych, wskazały jednoznacznie, że system z powodzeniem może być stosowany do prowadzenia pomiarów w drogach kolejowych.

BIBLIOGRAFIA

1. Glaus R.: *The Swiss Trolley – A Modular System for Track Surveying, Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz, Akademie der Naturwissenschaften Schweiz, 2006.*
2. Piekarczyk M., Pilch S.: *Nowoczesne systemy pomiarów w inwentaryzacji torów kolejowych*, [Praca dyplomowa zrealizowana pod kierunkiem dr. inż. M. Stracha], Kraków, AGH, 2008.
3. POS TG Specifications – Applanix, Ontario, 2002, www.applanix.com.

4. Strach M.: *Ocena możliwości wykorzystania techniki satelitarnej RTK GPS do regulacji osi torów kolejowych*, [Rozprawa doktorska], Kraków, 2003.
5. www.amberg.ch, Materiały informacyjne firmy Amberg Gruppe.
6. www.geopp.de, Materiały informacyjne firmy Geo++.
7. www.intermetric.de, Materiały informacyjne firmy „Intermetric”.
8. www.rail-tqm.co.uk, Materiały informacyjne firmy R.A.I.L – TQM.
9. www.eurailscout.com, Materiały informacyjne firmy EURAILSCOUT.