

# MASZYNY NA

Budowa 90-kilometrowego odcinka autostrady A1 jest jednym z największych tego typu przedsięwzięć w Europie. Wykonawca drogi – firma Skanska-NDI Joint Venture – by sprostać zadaniu, zakupiła do parku maszynowego ponad 250 ciężkich maszyn drogowych. Aż 62 z nich firma Scanlaser Polska wyposażyła w systemy sterowania 3D.

MAREK PUDŁO

## ● 1D KONTRA 2D I 3D

W przypadku systemów sterowania maszynami trzeba mówić o trzech ich rodzajach: jedno-, dwu- i trójwymiarowych. Pierwsze umożliwiają wyznaczenie tylko jednego parametru pracy maszyny. Może to być wysokość, spadek albo współrzędne. W drugiej konfiguracji do maszyny przekazywane są dwa parametry. Jest to kombinacja wysokości i spadku. Najbardziej zaawansowana odmiana systemu pozwala zautomatyzować pracę dowolnej maszyny budowlanej w trzech zakresach: wysokość, spadek i pozycja. Na budowie autostrady A1 działają tylko systemy 3D, zamontowane na różnych rodzajach maszyn i w różnej konfiguracji sprzętowej.

## ● KOMPONENTY POMIAROWE

Wybór sprzętu i metody pomiarów zależą od wymaganej precyzji pracy danej maszyny. Wiadomo, że spychacz i koparka będą pracowały pod znacznie mniejszymi rygorami dokładnościowymi niż równiarka i rozścielacz asfaltu. Dlatego do sterowania pierwszymi dwoma rodzajami maszyn stosuje się głównie odbiorniki GPS, które zapewniają precyzję wyznaczania pozycji i wysokości rzędu 1-3 centymetrów – wystarczającą do zadań, jakie wykonują. Na autostradzie A1 działają maszyny z zainstalowanymi w kabinie operatora instrumentami Leica GX1230 i antenami AX1202. Zestawy pracują w czasie rzeczywistym w trybie RTK. Poprawki odbierane są z jednej z sześciu uruchomionych na potrzeby budowy permanentnie pracujących sta-

cji referencyjnych, rozmieszczonych wzdłuż terenu budowy co 10-20 km. Wykorzystywane są do tego celu specjalne radiomodemy o dużej mocy 10 W. Na sekcji szóstej ze względu na trudne warunki terenowe zastosowano odbiorniki GX1230 GG z opcją odbioru sygnałów GLONASS. Ma on wspomóc inicjalizację sprzętu i ciągłość działania. Zaletą systemów 3D bazujących na GPS-ie jest bardzo duży zasięg powierzchniowy ograniczony praktycznie tylko odległością od stacji referencyjnych.

W przypadku równiarek i rozścielaczy sterowanie za pomocą samych GPS-ów nie wchodzi w grę. Wymogi dokładnościowe np. położenia każdej warstwy asfaltu na autostradzie A1 to +0/-1 cm. Wynik taki jest nieosiągalny przy użyciu samych technik satelitarnych. Można je jednak „wspomóc”, stosując np. czujniki ultradźwiękowe (tzw. ultrasonic) firmy Mikro-fyn lub niwelatory laserowe. W takim zestawie GPS jest odpowiedzialny za wyznaczenie współrzędnych płaskich, a sonic czy laser za wysokość lub spadek odcierzanego od istniejącej już warstwy asfaltu. Jednak najlepszym roz-

wiązaniem zabezpieczającym pracę rozścielacza jest zestaw tachymetryczny. Na placu budowy A1 pracują zmotoryzowane tachimetry Leica TCP1201, które korzystają z zamontowanego na maszynie zwierciadła pełnozakresowego (360°). Dane do komputera pokładowego przesyłane są tradycyjnymi radiomodemami (1 W). Zasięg pracy takiego zestawu nie przekracza kilkuset metrów, natomiast dokładność sięga pojedynczych milimetrów.



# BUDOWIE A1

## KRÓTKO O AUTOSTRADZIE A1

Autostrada A1 (europejska droga E75) jest częścią transeuropejskiego korytarza transportowego północ-południe łączącego Skandynawię z krajami w głębi kontynentu. Na terytorium Polski liczy 582 kilometry, rozpoczyna się w okolicach Gdańska, biegnie przez Toruń, Łódź, Częstochowę i Katowice do granicy w Gorzyczkach. Koncesjonariuszem A1 na odcinku Gdańsk - Toruń jest firma Gdańsk Transport Company (GTC). Etap 1 realizowanego przez Skanska-NDI JV odcinka autostrady o długości 90 km zaczyna się w Rusocinie (nieдалеko Pruszcza Gdańskiego), a kończy w Nowych Marzach. Odcinek ten podzielony jest na 6 sekcji: Rusocin - Stanisławie (17,95 km), Stanisławie - Swarozyn (6,82 km), Swarozyn - Pelplin (12,73 km), Pelplin - Kopytkowo (25,50 km), Kopytkowo - Warlubie (12,00 km), Warlubie - Nowe Marzy (14,45 km). Zakres przedsięwzięcia obejmuje budowę zamkniętej dwujezdniowej autostrady o dwóch pasach ruchu w każdym kierunku, dwupoziomowych węzłów drogowych, na których główne drogi krajowe krzyżować się będą bezkolizyjnie, punktów obsługi podróżnych oraz infrastruktury autostradowej. Zostanie zbudowanych 86 obiektów mostowych, w tym np. most WA22 w sekcji 2 metodą nasuwania podłużnego. Prace na pierwszym etapie A1 rozpoczęto jesienią 2005 roku, a zgodnie z harmonogramem 90-kilometrowy odcinek autostrady ma być gotowy pod koniec 2008 roku. W trakcie prac zostanie przetransportowanych 16 milionów ton ziemi i żwiru oraz ułożonych 1,6 milionów ton asfaltu. Szacuje się, że w szczytowym okresie na placu budowy będzie pracowało około 3000 osób. W chwili obecnej wykorzystywanych jest ponad 400 jednostek ciężkiego sprzętu budowlanego (koparki, spychacze, równiarki, rozścielacze), wśród nich 62 z zainstalowanymi systemami sterowania 3D. Zostały one dostarczone przez Scanlaser Polska, który jest również odpowiedzialny za szkolenie operatorów maszyn i opiekę techniczną nad sprzętem. Oprogramowanie sterujące pracą maszyn, aplikacje obliczeniowo-pomiarowe do ruchomych zestawów RTK oraz software biurowy do przygotowywania danych (produkcji szwedzkiej firmy SBG) dostarczył także Scanlaser Polska.



FOT. Z ARCHIWUM GTC

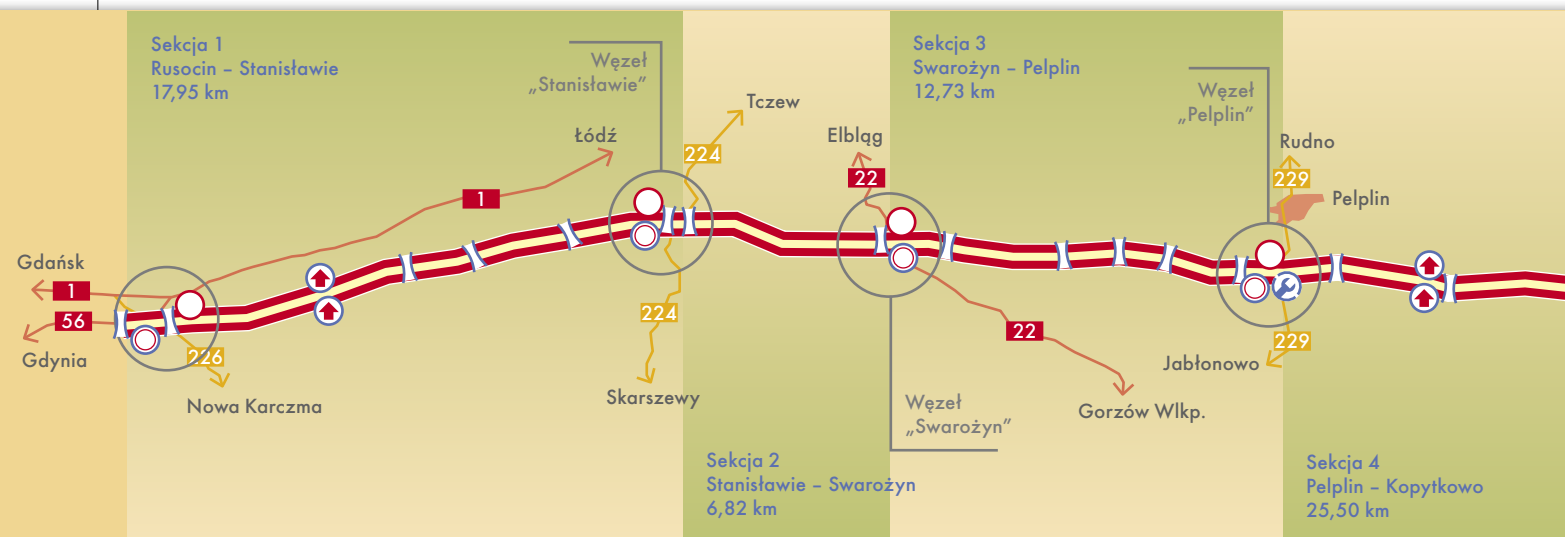




### ● WYPOSAŻENIE „KABINOWE”

Najważniejszym elementem systemu sterowania 3D zainstalowanym w kabinie jest panel kontrolny Mikrofyń, który jest odpowiedzialny za przekazywanie sygnałów do podzespołów hydraulicznych sterujących pracą maszyny. Wyposażony on jest we wskaźniki diodowe, które wspomagają ręczne sterowania położeniem lemiesza (spychacz, równiarka) lub stołu rozścielacza. Na wskaźniku wyświetlana jest wtedy wartość, o jaką operator musi zmienić wysokość prawej czy lewej strony maszyny. W rozścielaczach, oprócz panela kontrolnego w kabinie, montowane są dodatkowe dwa panele sterowania na zewnątrz maszyny. Umieszczone są po obu stronach stołu i służą operatorom do ręcznego korygowania wysokości i spadku poprzecznego.

Drugim elementem, równie ważnym, jest komputer pokładowy. Wszystkie rodzaje maszyn mają zainstalowane takie same komputery – GeoROG (z polskojęzyczną aplikacją o tej samej nazwie) wyprodukowane przez szwedzką firmę SBG. Dzięki temu w razie awarii urządzenia w koparce prawie natychmiast można przełożyć do niej moduł ze spychacza, który w danej chwili nie pracuje. Jedną z największych zalet GeoROG-a jest to, że zainstalowane w nim oprogramowanie współpracuje nie tylko z geodezyjnym sprzętem Leiki, ale również Trimble'a, Topcon, Sokkii, Mikrofyń, Spectry Precision i wielu innych producentów. Jest także przystosowany do obsługi różnych maszyn. GeoROG to standardowy komputer z procesorem 266 MHz, pracujący pod kontrolą systemu operacyjnego Linux, wyposażony w duży (8-calowy) kolorowy dotykowy ekran LCD zamknięty w odporną na ciężkie warunki pracy obudowę. Zainstalowane w komputerze opro-



gramowanie służy do obsługi maszyny budowlanej od strony elektroniczno-obliczeniowej. Operator wybiera rodzaj maszyny, a na ekranie pojawiają się dostępne opcje pracy. Inaczej bowiem będzie wyglądało menu dla koparki, a inaczej dla spychacza. Do pamięci komputera wgrywane są także dane projektowe w specjalnym formacie, za jego pośrednictwem przekazywane są komendy do części hydraulicznej systemu lub – w końcu – służy on operatorowi jako dodatkowe „trzecie oko”. W zależności od wprowadzonych danych położenie maszyny w terenie może być wyświetlane na tle np. wirtualnej linii odniesienia, w rzucie, w przekroju pionowym (koparka), a nawet na tle numerycznego modelu terenu 3D.

Integralną częścią systemów sterowania 3D są elementy hydrauliczno-elektroniczne. Mowa tutaj o specjalnym bloku hydraulicznym z elektrozaworami oraz czujnikach przechyleń – wychylenia poprzecznego lemiesza, obrotowego (równiarka) oraz wychylenia całej maszyny (czujnik główny). Czujniki, siłowniki hydrauliczne i inne elementy mechaniczne sterowane hydraulicznie połączone są metrami grubych przewodów i zbiegają się w tzw. *junction box* – skrzynce, do której wysyłane są elektroniczne sygnały z panela kontrolnego w kabinie.

## • OPROGRAMOWANIE I DANE CYFROWE

Na placu budowy autostrady A1 używana jest wspomniana wcześniej aplikacja GeoROG zainstalowana w panelach kontrolnych maszyn. Do tworzenia danych referencyjnych dla maszyn stosowana jest aplikacja biurowa Geo (także firmy SBG). Jest to narzędzie projektowo-obliczeniowe, które łączy w sobie cechy produktu CAD i software'u typu Win-

## BJÖRN SANDÉN, SZEF ZESPOŁU GEODETÓW W SKANSKA-NDI JV, O SYSTEMACH 3D NA AUTOSTRADZIE A1

### MAREK PUDŁO: Dlaczego Skanska wybrała do systemów sterowania maszynami 3D sprzęt pomiarowy produkowany przez Leikę?

**BJÖRN SANDÉN:** Na podstawie moich długoletnich doświadczeń terenowych mogę stwierdzić, że w dziedzinie instrumentów GPS nie ma większych różnic technologicznych między sprzętem poszczególnych producentów. Uwidaczniają się one dopiero przy porównaniu tachimetrów. Skanska od bardzo dawna korzysta ze szwajcarskich produktów i dla polskiego projektu zdecydowaliśmy się kupić ich sprzęt. Całe zestawy są jednak tak skonstruowane, że mogą być w każdej chwili rozbudowane o podzespoły innych marek. Umożliwia to zastosowanie oprogramowania sterującego GeoROG szwedzkiej firmy SBG, które obsługuje większość dostępnych na rynku rozwiązań sprzętowych. Obecnie Leica sprawuje się bez zarzutów, natomiast niewykluczone, że w przyszłości będziemy chcieli zmienić lub rozszerzyć funkcjonalność naszych zestawów o sprzęt Trimble'a, Topcon czy innych producentów.

### Ile trwa przeciętnie przygotowanie operatorów maszyn do pracy z nowymi urządzeniami?

To wszystko zależy od człowieka i jego bystrości. Jednemu zajmie to dzień, dwa, a inny będzie przyswajał wiedzę przez kolejne tygodnie. Generalnie przyjmuje się, że okres nauki, po którym operator jest w pełni przeszkolony i przygotowany do pracy, nie powinien przekroczyć trzech tygodni. Operatorom przekazywana jest tylko najpotrzebniejsza wiedza z zakresu obsługi systemu. Nie wciągamy ich w sprawy technologii pomiarowych.

### Czy zdarzają się usterki zestawów pomiarowych?

Najbardziej narażone na uszkodzenia są elementy działające na świeżym powietrzu – tachimetry i odbiorniki GPS. W dalszej kolejności komputery pokładowe, bo poddawane są różnemu traktowaniu w zależności od operatora. Elementy hydrauliczne raz dobrze zamontowane powinny działać bezusterkowo. W mojej dość długiej karierze w tej dziedzinie tylko raz system działający na GPS-ie odmówił posłuszeństwa. Nikt przez cały dzień nie potrafił go uruchomić. Okazało się, że winny był jeden satelita, który generował błędne dane. No i na samym końcu niezawodności jest, niestety, człowiek. Większość przerwanych robót wynika z nieświadomych błędów użytkowników, spowodowanych wciśnięciem nieodpowiedniego przycisku, wybraniem błędnej opcji pracy itp.

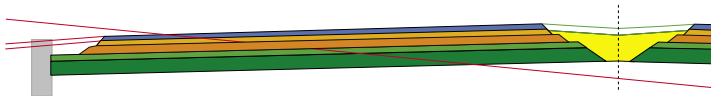
### Jak więc radzicie sobie z ewentualnymi awariami?

Bez planu B nie rozpoczyna się poważnych przedsięwzięć inżynierskich. Technologia budowania autostrady A1 jest taka, że właściwie nie możemy pozwolić sobie na przestoje. Margines czasowy może być większy w przypadku pracy równiarek, spychaczy i koparek, które w bardzo szybki i najmniej inwazyjny sposób można przestawić na działanie manualne. Dużo gorzej jest w przypadku rozściełaczy, które pracują z masą asfaltową lub kruszywem. Tutaj każda minuta jest ważna, bo ewentualne straty liczne są już w setkach tysięcy złotych. W pierwszej kolejności próbujemy „zreanimować” system, wymieniając niepoprawnie działające elementy. Gdy to nie pomoże, przygotowani jesteśmy do zastosowania najbardziej tradycyjnych metod – metalowych szpilek i linki.





## KONSTRUKCJA NAWIERZCHNI



Grubość	Nazwa	Dokładność
3,5 cm	Warstwa ścieralna	+1/-1 cm
3 cm	Warstwa wiążąca	+1/-1 cm
15,5 cm	Warstwa podbudowy bitumicznej	0/-1 cm
20 cm	Górna warstwa podbudowy – kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie	0/-1 cm
15/25 cm	Ulepszone podłoże – grunt stabilizowany cementem	0/-2 cm
35/25 cm	Warstwa mrozochronna z gruntu przepuszczalnego	

## GEODECI NA BUDOWIE A1

Na potrzeby obsługi projektu autostrady A1 została stworzona specjalna komórka odpowiedzialna za prowadzenie prac geodezyjnych oraz nadzór nad poprawnością działania systemów sterowania maszynami 3D. W jej ramach zatrudniono około 30 geodetów, którzy działają bezpośrednio w terenie, oraz podpisano umowy z kilkudziesięcioma podwykonawcami. Prace kameralne związane z systemami 3D (sporządzanie papierowej i elektronicznej dokumentacji technicznej dla geodetów, przygotowywanie cyfrowych danych do komputerów sterujących maszynami) wykonują dwie osoby w terenowym biurze w Rusocinie. Szefem zespołu geodetów jest Szwed Björn Sandén.

Kalk. Przygotowanie danych cyfrowych może odbywać się w dwóch trybach. Jeśli projektant dostarczył materiały w formie papierowej, to geodeta musi ręcznie wprowadzić każdy element geometryczny budowanej jezdni na zadanym kilometrażu do oprogramowania Geo. Liczba koniecznych do uwzględnienia danych zależy od maszyny, dla której są one przeznaczone. Spychacze, równiarki i rozściełacze pracują na modelu liniowym lub wykorzystują tzw. MBS-y (pliki scalające), koparki zaś – posiłkują się modelem trójkątowym. Gdy projekt dostarczany jest w postaci elektronicznej (np. plik AutoCAD), jego opracowanie trwa nawet kilka razy krócej niż obróbka tradycyjnej wersji papierowej.

## ● PRACA

Wszystkie dane projektowe „ładowane” są do pamięci komputera pokładowego. Zainstalowane w nim oprogramowanie sterujące przetwarza dane z odbiornika GPS (współrzędne X, Y, Z), tachimetru (współrzędne X, Y, Z wyznaczone na podstawie pomiaru kąta poziomego, pionowego i odległości) czy czujnika ultradźwiękowego lub lasera (przewyższenie), ale także z sensorów przechyleń i skrętu. Aplikacja porównuje informacje pomiarowe z danymi projektowymi wgranymi przed rozpoczęciem prac. Sygnał o konieczności zmiany położenia lemieszka lub stołu rozściełacza może być przekazywany do modułu sterującego hydrauliką maszyny albo na specjalny wyświetlacz diodowy w kabinie. W pierwszym przypadku cały proces sterowania odbywa się automatycznie, a operator odpowiedzialny jest tylko za kierunek ruchu maszyny. Wyjątkiem jest tutaj koparka, gdzie również położeniem łyżki steruje człowiek. W każdej chwili operator maszyny może przejść na obsługę ręczną z wykorzystaniem właśnie wyświetlacza diodowego. Wtedy komunikaty o konieczności zmiany wysokości lub nachylenia np. lemieszka przekazywane są w postaci strzałek, a decyzję o zmianie położenia elementów maszyny podejmuje operator.

W krajach Europy Zachodniej systemy 3D są wymaganiem wyposażeniowym firmy, która startuje w przetargach na poważne inwestycje budowlane. W Polsce technologia ta jest wciąż nowa, ale coraz więcej dużych przedsiębiorstw przekonuje się do niej i po niedługim czasie użytkowania dostrzega wymierne korzyści finansowe. A dodatkowo, jak zauważył jeden z operatorów koparki, praca na takim sprzęcie to czysta przyjemność.



Tekst i zdjęcia MAREK PUDŁO