



Nowe możliwości technologii bezwykopowych



VII edycja międzynarodowej konferencji *Technologie bezwykopowe No-Dig Poland 2016* jak zwykle była doskonałą okazją do spotkania wszystkich zainteresowanych tą tematyką stron – przedstawicieli środowiska naukowego, przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych, sektora drogowego, firm projektowych i wykonawczych oraz producentów materiałów i urządzeń stosowanych w technologiach bezwykopowych. Mimo napiętego programu konferencji udało nam się porozmawiać o najnowszych rozwiązaniach i trendach w technologiach bezwykopowej budowy sieci podziemnych z jedną z prelegentek, **dr inż. AGATĄ ZWIERZCHOWSKĄ**, ekspertem Politechniki Świętokrzyskiej. Rozmowę przeprowadziła **MARIA SZRUBA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

Jakie tendencje obserwuje się obecnie w technologiach bezwykopowej budowy?

Wyróżniłabym tutaj trzy zasadnicze kierunki – modyfikację istniejących technologii, poszerzenie zakresu ich stosowania oraz aplikację w dziedzinach, w których do tej pory nie były stosowane.

Najbardziej zautomatyzowaną metodą w budowywania sieci podziemnych jest mikrotunelowanie. Jak powstała ta technologia?

Początki technologii mikrotunelowania datuje się na lata 70. XX w., a za jej twórców uważani są Japończycy. To oni połączyli cechy maszyn do tunelowania oraz przecisków hydraulicznych i skonstruowali maszynę, która mogła wbudowywać przewody o średnicach większych niż 1500 mm, wyposażoną w zdalnie sterowaną tarczę. A ponieważ wzrastało zapotrzebowanie na instalowanie przewodów o mniejszych średnicach, opracowali później także wersje miniaturowe tych maszyn i nazwali je maszynami do mikrotunelowania.

Wydaje się, że w 40-letniej historii technologii mikrotunelowania niewiele się zmieniło?

Faktycznie, podstawowa technologia mikrotunelowania pozostaje bez zmian. To samo dotyczy maszyn – te wyprodukowane w latach 80. ubiegłego wieku nie różnią się znacząco od współczesnych. Nowe rozwiązania w konstruowanych obecnie maszynach wiążą się zwykle z poszerzeniem zakresu ich stosowania. W ostatnich latach opracowano i wdrożono jednak również kilka przełomowych rozwiązań, należy do nich przykładowo możliwość pokonywania przeszkód

metalowych występujących na trasie wbudowywanych przewodów. Dysponujemy dziś urządzeniami zdolnymi do wbudowywania rurociągów o znacznym zakrzywieniu ich trasy oraz urządzeniami do budowy tzw. ślepych rurociągów. Mikrotunelowanie jest obecnie także dużo bezpieczniejsze dzięki ograniczeniu ryzyka związanego z prowadzeniem tych prac. Stało się to możliwe m.in. wskutek wprowadzenia systemów umożliwiających przewidywanie warunków gruntowych i przeszkód występujących na trasie budowy przed czołem głowicy.

W jaki sposób w technologii mikrotunelowania pokonywane są metalowe przeszkody?

Brak możliwości pokonania przez głowicę mikrotunelową przeszkód metalowych na trasie wbudowywanego przewodu, np. grodziec stalowych pozostałych w gruncie, stanowił poważne ograniczenie tej technologii aż do czasu skonstruowania głowicy Milling Mole. Dzięki zainstalowaniu w maszynie specjalnego przetwornika emitującego fale elektromagnetyczne metalowe przeszkody znajdujące się w gruncie zostają namagnesowane. Wywołują tym samym przepływ prądu, tworząc pole magnetyczne drugiego rzędu, wykrywane przez cewkę odbiornika, znajdującą się w urządzeniu do mikrotunelowania. Otrzymywany sygnał pozwala przypuszczać, że na trasie znajdują się metalowe elementy. Głowica jest w stanie wykryć przeszkody metalowe występujące na trasie drążenia w odległości do 2 m.

Urządzenie Milling Mole, pokonując przeszkodę, zwierca metal głowicą wyposażoną w specjalne elementy urabia-

jące. Następnie rozdrobnione elementy metalowe są mieszane z płuczką i wydobywane za pomocą systemu próżniowego na powierzchnię terenu, gdzie płuczka jest odseparowywana od sfrezowanego metalu. Wykorzystuje się do tego namagnesowane urządzenia, które przyciągają metalowe elementy.

Urządzenie Milling Mole jest też wyposażone w specjalny system sterowania, umożliwiający precyzyjne osiągnięcie wykopu docelowego. W głowicy montuje się nadajnik emitujący fale elektromagnetyczne, a odbiornik umieszcza w wykopie docelowym. Milling Mole może być stosowane do wbudowania przewodów podziemnych w zakresie średnic 800–3000 mm i umożliwia przewiercanie drewnianych i stalowych pali, grodziec stalowych, a także konstrukcji żelbetowych.

Głowica potrzebuje więcej czasu na pokonanie metalowej przeszkody niż na drążenie w gruncie. Podczas przewiercania przez metalowe elementy grunt wokół maszyny może się obsypywać, powodując naruszenie struktury otaczającego gruntu lub zapadnięcia na powierzchni terenu. Aby temu zapobiec, urządzenie Milling Mole zaopatrzone w specjalny system do stabilizacji gruntu w obrębie przeszkody.

Skomplikowanym wyzwaniem jest wbudowywanie długich odcinków przewodów podziemnych z załamaniem trasy przebiegającym po łuku. Jakie urządzenia są wykorzystywane do tego typu zadań?

W przypadku załamania trasy wbudowywanego bezwykopowo przewodu konieczne jest wykonanie wykopu pośredniego w miejscu załamania. W dużych aglomeracjach miejskich jest to znacznie

utrudnione, zwłaszcza w przypadku, gdy taki wykop należy wykonać w miejscu skrzyżowania ulic. Stosuje się wówczas urządzenie do mikrotunelowania metodą Jatte, dostępne w zakresie średnic 350–700 mm, które umożliwiają wbudowywanie odcinków o maksymalnej długości 300 m i minimalnym promieniu krzywizny równym 30 m w gruntach spoistych, piaszczystych, żwirowych, zawierających otoczaki oraz w gruntach skalistych.

Budowę przewodów podziemnych o trasach przebiegających po łuku o tak niewielkim promieniu krzywizny umożliwia segmentowa konstrukcja urządzenia (trzy, cztery segmenty połączone przegubowo). Dodatkowo do monitorowania trajektorii wbudowywanego przewodu wykorzystywany jest specjalny system, który dzięki zlokalizowanym w rurociągu czujnikom pozwala na bieżąco monitorować pracę i w razie potrzeby wprowadzać niezbędne korekty. System kontroli poprawności wbudowania przewodu podziemnego oparto na połączeniu funkcji kamery CCD, która przemieszcza się na przenośniku rolkowym, oraz tarczy celowniczej LED o wysokiej rozdzielczości. W określaniu położenia wykorzystuje się obliczenia przestrzeni wektorowej na podstawie informacji z czujników.

W tradycyjnej technologii mikrotunelowania nie ma możliwości wycofania głowicy mikrotunelowej w przypadku napotkania przeszkody, której głowica nie może pokonać. Czy dysponujemy już urządzeniami zdolnymi do retrakcji?

Aby uniknąć tego typu sytuacji, skonstruowano – na bazie tradycyjnych urządzeń do mikrotunelowania z systemem płuczkowym – maszyny do mikrotunelowania, które mogą zostać wycofane do komory startowej. Takie urządzenia zostały opracowane zupełnie niezależnie przez dwie firmy – niemiecką Herrenknecht, która opracowała urządzenie nazwane Retractable Machine, oraz japońską Iseki, której urządzenie jest znane pod nazwą Shuttlemole.

Retractable Machine wyposażono w dwie stalowe osłony. Osłona wewnętrzna jest połączona z zewnętrzną za pomocą specjalnych złączek. Głowica tnąca może być składana lub zbudowana z dwóch pierścieni tnących (wewnętrznego i zewnętrznego). W tym drugim przypadku w czasie retrakcji urządzenia pierścień zewnętrzny pozostaje w gruncie razem z zewnętrzną osłoną urządzenia.

W technologii Shuttlemole głowicę mikrotunelową osłania specjalnie do tego celu stworzona rura osłonowa, zespolona z głowicą, która przesuwa się wraz z całym urządzeniem. Głowicę wyposażono w zewnętrzne rolki tnące, zamontowane na obwodzie tarczy skrawającej. Elementy urabiające są sterowane – można je wysuwać poza obwód tarczy lub chować.

Jeżeli w trakcie drążenia Shuttlemole napotka przeszkodę, której nie będzie mógł pokonać, można wycofać głowicę. Wówczas chowają się zewnętrzne rolki tnące, a maszyna jest wycofywana z tulei osłaniającej i dalej wzdłuż całego wbudowanego przewodu. Odbiór głowicy jest możliwy w szybie startowym. Gdy przeszkoda zostanie usunięta, urządzenie można z powrotem wprowadzić do tulei osłonowej, wysunąć zewnętrzne rolki tnące i kontynuować pracę. Dzięki wyposażeniu głowicy Shuttlemole w system do iniekcji, który umożliwia stabilizowanie gruntu na przodku, można ją stosować w różnych warunkach gruntowych. Jej niewątpliwą zaletą jest także możliwość wymiany zużytych elementów urabiających podczas wykonywania przecisku.

Głowica Shuttlemole może być także stosowana do wbudowania przewodu do istniejącej studni rewizyjnej, wbudowania przewodu dochodzącego do przewodu już istniejącego, budowy tzw. ślepego przewodu czy wykonania tunelu ratunkowego w celu wydobycia głowicy mikrotunelowej, która utknęła w gruncie, lub też w celu usunięcia przeszkody.

W ostatnich latach kładzie się duży nacisk na przewidywanie zmian warunków gruntowych w czasie wiercenia. Jakiego jest znaczenie tego typu prognoz?

Obecnie urządzenia stosowane do mikrotunelowania umożliwiają postęp prac dochodzący nawet do 50 m dziennie. W związku z tym niezmiernie ważne jest, aby operator urządzenia mikrotunelowego posiadał dokładne informacje na temat warunków gruntowych przed czołem tarczy. Posiadając taką wiedzę, w razie wystąpienia nieprzewidzianych przeszkód operator urządzenia może wcześniej zareagować, np. zmniejszając tempo prowadzonych prac. Takie działania pozwalają zapobiec poważnym uszkodzeniom sprzętu, a nawet utknięciu głowicy mikrotunelowej.

Jedną z metod, która umożliwia przewidywanie zmian warunków gruntowych w czasie wiercenia, jest metoda sejsmiczna. W jaki sposób za jej pomocą uzyskiwany jest obraz gruntu?

Metoda TSWD (ang. Tunnel Seismic While Drilling) wykorzystuje fale sejsmiczne generowane przez źródła. Za pomocą geofonów zlokalizowanych w otworach wzdłuż ścian mikrotunelu w sposób ciągły monitoruje się sygnały pochodzące od drgań maszyny drążącej. Zapis otrzymanego sygnału odbywa się w jednostce rejestracyjnej. Niezbędne jest automatyczne przetwarzanie nagromadzonych danych w czasie rzeczywistym, dzięki czemu prognozy warunków gruntowych przed czołem urządzenia do mikrotunelowania są na bieżąco aktualizowane.

W metodzie TSWD otrzymuje się zapis fal sejsmicznych o różnych amplitudach, który dostarcza informacje na temat prędkości rozchodzenia się fali i gęstości przed czołem głowicy. Bardzo niskie amplitudy oznaczają występowanie gruntów jednorodnych i brak zagrożeń. Występowanie wyższych amplitud świadczy o możliwości wystąpienia niepożądanych elementów czy skał.

Metoda TSWD zapewnia ciągłość otrzymywania bieżących danych na temat warunków gruntowych na trasie wiercenia. Wyprzedzające informacje o wystąpieniu w trakcie prac wiertniczych niejednorodności gruntu, zmianach układu warstw, przewarstwieniach skalnych, podziemnych formach krasowych i innych umożliwiają operatorowi głowicy mikrotunelowej przedsięwzięcie odpowiednich działań.

Którą z modyfikacji istniejących technologii uznałaby Pani za szczególnie znaczącą?

Warta wyróżnienia jest z pewnością technologia Intersect, która bazując na przewierceniu sterowanym, umożliwia obecnie wbudowanie przewodów podziemnych o długościach dochodzących nawet do 3 km. Ciekawym rozwiązaniem jest także zastosowanie głowicy rozwiercającej z napędem bezpośrednim w przeciskach hydraulicznych z wierceniem pilotażowym. Podczas gdy w tradycyjnych przeciskach hydraulicznych głowica rozwiercająca jest obracana przez wał przenośnika ślimakowego w tzw. pośredni sposób, dziś producenci oferują także głowice rozwiercające napędzane bezpośrednio, przy użyciu silnika znajdującego się w ich wnętrzu. Dzięki takiemu napędowi głowica może pracować w trudniejszych warunkach gruntowych, a zakres średnic



wbudowywanych przewodów podziemnych z jej zastosowaniem dochodzi do 1200 mm versus 600 mm przy zastosowaniu rozwiązań tradycyjnych.

A co udało się uzyskać dzięki poszerzeniu zakresu dotychczas stosowanych technologii bezwykopowej budowy?

Generalnie można zauważyć znaczny wzrost długości jednorazowo wbudowywanych przewodów podziemnych. Widać to szczególnie w technologii przewiertu sterowanego, przy zastosowaniu której wbudowywane są obecnie przewody podziemne o długości przekraczającej nawet 2400 m. Także mikrotunelowanie pozwala na osiągnięcie znacznie lepszych rezultatów – długość wbudowywanych tym sposobem przewodów podziemnych dochodzi prawie do 1000 m, czego przykładem może być 930-metrowy, najdłuższy wbudowany jednorazowo odcinek kolektora kanalizacyjnego, o średnicy zewnętrznej DN 3000 mm, który powstał w ramach realizacji układu przesyłowego do oczyszczalni ścieków „Czajka” w Warszawie.

A co z najnowszymi technologiami – Direct Pipe, Axis czy Front Steer. Są zupełnie odkrywcz?

Każda z nich powstała na bazie technologii już wcześniej wdrożonej, aczkolwiek zyskała nowe możliwości. Technologia Direct Pipe to połączenie zalet mikrotunelowania i technologii HDD. W celu urabiania gruntu w technologii tej wykorzystywane są standardowe głowice mikrotunelowe. Specjalna stacja pchająca umieszczona na powierzchni terenu wciska w grunt stalowy rurociąg osłonowy (który przed rozpoczęciem przewiertu musi zostać zespawany na placu budowy, a złącza zaizolowane i przetestowane) oraz urządzenie do mikrotunelowania. Dzięki tej technologii możliwe jest wbudowywanie przewodów stalowych o średnicach od 500 do 1200 mm w trakcie jednego etapu robót. Maksymalna siła uciągu i pchania wynosi 5000 kN (500 t), długości jednorazowo wbudowywanych odcinków osiągają kilkaset metrów. Direct Pipe to metoda sterowalna, a zastosowanie żyrokompasowego systemu sterowania i kontroli pozwala na wbudowywanie rurociągów po łuku z bardzo dużą dokładnością (do ok. 10 mm). Ponieważ urabianie gruntu odbywa się za pomocą głowicy mikrotunelowej, technologia ta może być stosowana w każdych warunkach gruntowych, także poniżej zwierciadła wody gruntowej. Ponadto w razie natrafienia



Budowa układu przesyłowego do oczyszczalni ścieków „Czajka” w Warszawie, fot. HOBAS System Polska Sp. z o.o.

na przeszkody w gruncie głowicę można wycofać.

Z kolei technologia Axis dzięki laserowemu systemowi sterowania i kontroli umożliwia bezwykopowe wbudowywanie przewodów podziemnych małych średnicowych z bardzo dużą dokładnością. Pierwszy etap robót polega na wciskaniu w grunt głowicy urabiającej, a bezpośrednio za nią ciągu stalowych rur osłonowych, w którym znajduje się specjalny wał napędzający tarczę urabiającą grunt. Urobek jest transportowany próżniowo do zamkniętego zasobnika umieszczonego na powierzchni terenu. We wnętrzu stalowych rur osłonowych, które nie obracają się w czasie przecisku, znajdują się dwie komory: dolna służy do transportu urobku, górną przebiega promień lasera. Promień lasera pada na tablicę celowniczą, a jej obraz jest przekazywany przez kamerę na monitor na stanowisku operatora urządzenia. Zmiany kierunku wbudowywanego ciągu rur osłonowych dokonuje się przez wydłużenie lub skrócenie siłowników hydraulicznych, które znajdują się w głowicy urabiającej. Ten manewr prowadzi do odchylenia osi głowicy od osi stalowych rur osłonowych. Drugi etap robót rozpoczyna się po dotarciu głowicy urabiającej do wykopu docelowego. Podobnie jak w tradycyjnych przeciskach sterowanych, w grunt wciskane są rury przeciskowe.

W technologii Front Steer wbudowywanie przewodów podziemnych odbywa się w dwóch etapach. W pierwszym głowica zaopatrzona w tarczę skrawającą urabia grunt. Mechanizm jej działania jest oparty na technologii mikrotunelowania. Bezpośrednio za głowicą wciskane są w grunt stalowe rury osłonowe, we wnętrzu których znajdują się przenośniki ślimakowe

służące do usuwania urobionego gruntu, transportowanego do zasobnika w wykopie początkowym. Kontrolę prawidłowości trasy wbudowywanego przewodu umożliwia system teleoptyczny, składający się z takich samych elementów, jak w przeciskach hydraulicznych z wierceniem pilotażowym, przy czym obraz diodowej tablicy celowniczej, znajdującej się w głowicy, obserwowany jest przez kamerę cyfrową przez wydrążoną tuleję przenośnika ślimakowego. Po dotarciu głowicy do wykopu docelowego, co rozpoczyna drugi etap robót, odbiera się ją i wyciąga na zewnątrz. Od tego momentu z wykopu początkowego przeciskane są rury przewodowe, a w wykopie docelowym odbierane są stalowe rury osłonowe z elementami przenośników ślimakowych.

Technologie bezwykopowej budowy są obecnie bardzo zaawansowane. Co jest głównym bodźcem do ich stałego udoskonalania?

Stosowanie technologii bezwykopowej budowy oznacza mniejsze koszty techniczne, społeczne, ekonomiczne i środowiskowe w porównaniu do tradycyjnych wykopów otwartych. Często technologie bezwykopowej budowy są jedynymi możliwymi rozwiązaniami ze względów technicznych. Niewątpliwie ogromnym atutem tych rozwiązań jest także brak konieczności wykonywania wykopów liniowych, a następnie odtwarzania nawierzchni, co jest szczególnie istotne w przypadku prac prowadzonych w większych aglomeracjach.

Chociaż stosowanie bezwykopowej budowy, napraw lub wymiany infrastruktury podziemnej na szeroką skalę rozpoczęło się stosunkowo niedawno, to do nich należy przyszłość.

Dziękuję za rozmowę.

