



KRZYSZTOF GRADKOWSKI

Politechnika Warszawska  
k.gradkowski@il.pw.edu.pl

## Wpływ innowacji IT na technologie ziemnych budowli dróg lądowych

Powszechnie wiadomo, że roboty budowlane w zakresie ukształtowania budowli ziemnych dróg lądowych mogą być wykonane tylko przy użyciu maszyn i sprzętu budowlanego. Powiększające się zasoby innowacji w zakresie technik informatycznych mają bezpośredni wpływ na powstawanie doskonalszych urządzeń i wyposażenia maszyn budowlanych. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie praktycznych aspektów zmian technologicznych wynikających z wdrażania innowacji technicznych *IT* (ang. *Information Technology*) w sposobach i technologiach ziemnego budownictwa dróg lądowych. *IT* to nowa dziedzina wiedzy, integrująca wiedzę z różnych technologii (sprzęt komputerowy wraz oprogramowaniem, telekomunikacja, teledzielnictwo), które służąca pozyskiwaniu informacji, ich selekcjonowaniu, analizowaniu, przetwarzaniu, przechowywaniu, zarządzaniu oraz dalszemu przekazywaniu. Przedmiotem opisów jest zatem określenie wpływu wdrożeń innowacji pochodzących z technik systemów informatycznych, a w szczególności techniki *GPS* i oprogramowania typu *iCon* (ang. *Intelligent Construction*) w technologiach wykonawczych elementów realizacji budowli ziemnych i innych geotechnicznych obiektów budowlanych. Zintegrowany system oprogramowania *iCon* jest definiowany jako koncepcja połączenia wszelkich urządzeń pomiarowych, sprzętu i maszyn budowlanych oraz oprogramowania zlokalizowanych na budowie i w siedzibie kierownictwa budowy (bazie dyspozycyjnej), w jedną kompleksową oraz kompatybilną całość. Stosowanie tych systemów ma bezpośredni wpływ na wydajność i operacyjność

maszyn budowlanych stosowanych przy realizacji obiektu. Może wywołać także pewne zmiany w systemach organizacji samych przedsiębiorstw wykonawczych realizujących budowlę ziemną oraz w sposobach ich zarządzania. Zakres realizacji drogowych budowli ziemnych jako jednego z podstawowych elementów infrastruktury dróg lądowych, w ogólnym ujęciu przedstawiony na rysunku 1.

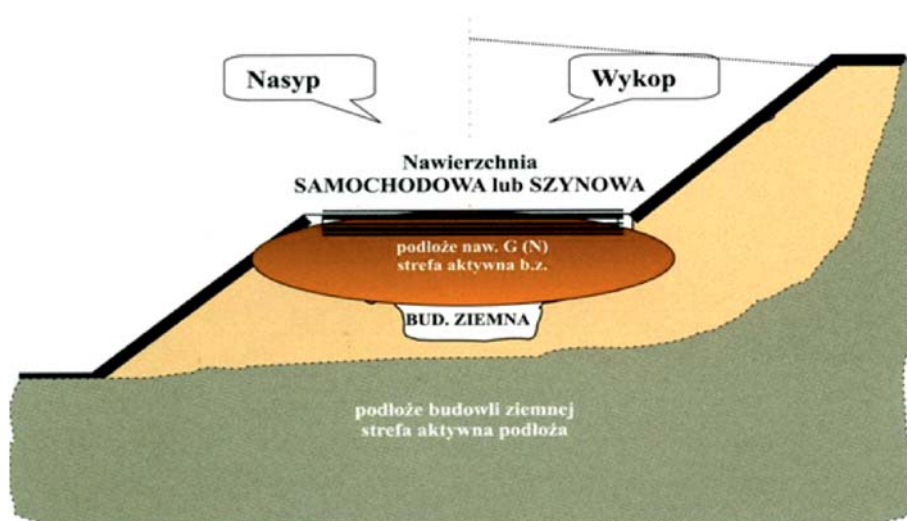
Budowle ziemne to przede wszystkim roboty budowlane polegające na przemieszczaniu znacznych ilości mas grunty przy pomocy różnych środków transportu oraz maszyn i sprzętu budowlanego [1].

### Wyposażenie maszyn budowlanych w elementy osprzętu innowacji technologicznych

W ostatnim dziesięcioleciu uzyskano istotny wzrost efektywności i sprawności eksploatacyjnej środków transportu i maszyn budowlanych wyposażonych w urządzenia systemowe oparte na innowacjach technik informatycznych (*IT*). Jest to przede wszystkim wyposażenie maszyn i urządzeń budowlanych w systemy pozycjonowania i kontroli parametrów pracy maszyn. Do podstawowych maszyn technologicznych budowy, podatnych na aplikacje innowacji *IT* w tym zakresie należą:

- spycharki gąsienicowe i zagęszczarki, np. fot. 1, 2,
- koparki gąsienicowe z wysięgnikami standardowymi i z wysięgnikami *long reach*.

Na uwagę zasługują też obecne możliwości wyposażenia zagęszczarek w dodatkowy osprzęt i możliwość wdrożenia systemu sterowania oraz kontroli parametrów pracy tego rodzaju maszyn. Nowe i rozbudowane elementy wyposażenia to elektroniczny system pomiaru i regulacji dla walców i zagęszczarek wibracyjnych. Zasada funkcjonowania tych systemów polega na tym, że w zależności od wzrastającej sztywności podłoża (gęstości objętościowej gruntu), regulowana jest automatycznie energia zagęszczania. Amplituda i częstotliwość drgań elementów roboczych urządzenia jest dopasowywana automatycznie w zależności od rodzaju i struktury podłoża. Ponadto automatycznie dobierana jest też optymalna prędkość walca lub zagęszczarki. W ten sposób strefy



Rys. 1. Schemat określenia przekroju liniowego budowli ziemnych dróg lądowych



Fot. 1. Spycharka z wyposażeniem anten urządzeń transmisyjnych



Fot. 2. Anteny transmisyjne na równiarce

podłoża o niskiej sztywności są zagęszczane z wysoką amplitudą, a podłoża o wysokiej sztywności z niską amplitudą. Amplituda oddziaływania jest automatycznie redukowana lub podwyższana w zależności od zmieniającej się charakterystyki podłoża. System sterowania i kontroli parametrów pracy zagęszczarek pozwala na:

- automatyczną informację o osiągnięciu zamierzonych wartości zagęszczania podłoża,
- jednorodne zagęszczenie poprzez automatyczne dopasowanie energii zagęszczania,
- oszczędność czasu i kosztów poprzez zminimalizowaną ilość przejazdów,
- zmniejszenie emisji zanieczyszczeń w wyniku skrócenia czasu pracy urządzeń i maszyn,
- odpowiednią jakość robót zagęszczania przy redukcji możliwych błędów operatora.

Współdziałanie wszystkich urządzeń i elementów wyposażenia maszyn budowlanych jest możliwe tylko w przypadkach

zainstalowania odpowiedniej stacji dokującej połączenia komputera pokładowego. Stacja zapewnia bezstykową komunikację komputera z wszystkimi elementami wyposażenia systemu zamontowanego na maszynie. Stacja dokująca przechowuje wszelkie ustawienia kalibracyjne danej maszyny, dzięki czemu komputer można przenosić pomiędzy maszynami bez potrzeby powtórnej kalibracji, bowiem komputer nie jest przypisany tylko do jednej konkretnej maszyny. Skuteczność i synchronizacja działania systemów opartych na innowacjach technologii informatycznych wymaga instalowania na roboczych maszynach budowlanych osprzętu uzupełniającego. I tak spycharki powinny mieć zainstalowane:

- czujnik inercyjno-żyroskopowy mierzący spadek poprzeczny lemiesza, mierzący zarówno spadek poprzeczny, przyspieszenie i kierunek przyspieszenia, co pozwala na wcześniejsze „wyczuwanie” przyszłej zmiany wysokości i spadku lemiesza, co w konsekwencji pozwala całemu systemowi szybciej i dokładniej regulować hydrauliką maszyny, oraz możliwość szybszej i dokładniejszej pracy spycharki przy wyrównywaniu danej warstwy budowlanej,
- skrzynka podłączeniowa z modułem sterującym hydrauliką maszyny, służąca sterowaniu hydrauliką maszyny tak, aby lemiesz ustawił się zgodnie z żądanym spadkiem i na odpowiedniej wysokości,
- blok elektrozaworów sterujących siłownikami lub moduł sterujący układem hydraulicznym, które bezpośrednio sterują ruchami siłowników kontrolowanych przez system. Zastosowanie jednego lub drugiego elementu zależy od typu maszyny i inicjatywy producenta maszyn.

Koparki wyposażane są w:

- czujniki pochylenia mierzące kąt nachylenia poszczególnych części ruchomych koparki (wysięgu, ramienia, łyżki) w stosunku do poziomu lub pionu – na tej podstawie system może obliczyć głębokość położenia ostrza łyżki w stosunku do zadanej rzędnej projektowej,
- czujniki pochylenia wzdłużnego i poprzecznego koparki – na podstawie odczytów można wprowadzić korektę wysokości ostrza łyżki w zależności od pochylenia całej maszyny (pochylenia do przodu, do tyłu, w prawo, w lewo).

## Informacyjne systemy współpracujące

Równie innowacyjne i technologicznie nowoczesne są jednoczesne wdrożenia do eksploatacji na spycharkach i koparkach innych elementów oraz składników systemów oprogramowania w rodzaju systemów operacyjnych typu *iCon 3D* i *GPS/Glonas*. Jako nierozłączne elementy systemów opartych na innowacjach informatycznych przyjmuje się instalowanie na omawianych maszynach odpowiedniego osprzętu elektronicznego:

- odbiorniki GPS/Glonas (spycharki, koparki), ustalające pozycje maszyn z dokładnością 1 cm, wykorzystując poprawki lokalizacyjne przesyłane przez stację referencyjną (bazową),
- radiomodemy odbiornika GPS/Glonas (koparki, spycharki), odbierające poprawki lokalizacyjne wysyłane przez stację bazową,

- nowej generacji komputery pokładowe typu iCon – wyposażone w pojemnościowe ekrany dotykowe, *wi-fi*, *radiomodem bluetooth long range*, *radiomodem HSDPA* z oprogramowaniem *iConTelematics*, w systemie operacyjnym *Linux*,
- oprogramowanie iCon UMC3D (koparki, spycharki) – zainstalowane w komputerach pokładowych (np. CP42, CP41) umożliwiające pełną kontrolę sterowania systemami zamontowanymi na maszynach.

Oprogramowanie to porównuje ustaloną pozycję lemiesza lub tyżki z projektowanymi współrzędnymi, sterując odpowiednio częściami roboczymi maszyn. W przypadku koparek informuje operatora na jakiej głębokości znajduje się tyżka koparki, ile pozostało jeszcze do wykopania, aby osiągnąć lub wyprofilować wcześniej zadaną powierzchnię, którą może być np. skarpa nasypu, poziom dna wykopu, czy jedna z warstw nasypu. Ponadto system *3D GPS*, który zalecany jest do zainstalowania w komputerach pokładowych koparek, wyróżnia się następującymi możliwościami dodatkowych usprawnień:

- „podpięcia” do systemu czujnika uzbrojenia terenu. Czujnik ten wykorzystuje sprawdzoną technologię wykrywania elektromagnetycznych sygnałów z podziemnych linii i ostrzega operatora o zagrożeniach ukrytych pod ziemią, dzięki czemu jest bardzo ważnym uzupełnieniem do każdej koparki pracującej w zurbanizowanym lub zabudowanym środowisku,
- pionowania wiertnicy, używanej wymiennie zamiast tyżki,
- „zapamiętania” właściwości około dwudziestu rodzajów tyżek bez konieczności kalibracji maszyny po każdorazowej wymianie tyżki,
- wodoodporności czujników,
- alarmu sygnalizującego wysokości podniesienia ramienia koparki, w przypadku gdy dane dotyczące przeszkód znajdują się w komputerze pokładowym na przykład typu CB16/XC16 (sygnał dźwiękowy zabrzmiał, jeśli jakaś część maszyny przekroczy zadaną granicę wysokości, np. pod mostami lub przewodami wysokiego napięcia).

## Możliwości zmiany w organizacji i zarządzaniu budową

Wdrożenie innowacji procesowej generuje pewne zmiany w technologiach, jak i w zakresach organizacji realizacji przedsięwzięć inwestycji budownictwa drogowego. Szczególnie w odniesieniu do technologii i sposobów prowadzenia poszczególnych etapów, jak i całości robót budowlanych, w tym szczególnie robót ziemnych przy realizacji budowli ziemnych oraz przepływu pakietów danych z tym związanych. Innowacje *IT* przyczyniają się do powstania dwóch zasadniczych efektów:

- zmiany jakościowej funkcjonowania przedsiębiorstwa jako całości i poszczególnych działów jego struktury organizacyjnej,
- wzrostu pozycji rynkowej i potencjału produkcyjnego firmy, mierzonego także wzrostem konkurencyjności przedsiębiorstwa na rynku.

Wdrożenie innowacyjnych technik informatycznych do kompleksowych systemów oprogramowania realizacji

przedsięwzięć budowlanych o charakterze procesów ciągłych, wyznacza następujące możliwości:

- innowację technologiczną dotyczącą projektowania, przygotowania, wykonywania, kontroli i rozliczenia prac budowlanych, w szczególności związanych z budową dróg lądowych,
- oferowanie nowych kategorii usług dotyczących przygotowania, kontroli, prowadzenia oraz rozliczenia wykonania prac budowlanych (szczególnie robót ziemnych) opartej o elementy nowej innowacyjnej technologii, a także planowania, kontroli i rozliczenia prowadzonych zleceń,
- znacznego unowocześnienia dotychczas wykonywanych robót budowlanych,
- wprowadzenie nowych rozwiązań organizacyjnych, prowadzących do poprawy jakości produktywności i efektywności działań,
- uzyskanie pozytywnych efektów w odniesieniu do ochrony środowiska, poprzez zmniejszenie emisji zanieczyszczeń i ograniczenie poziomu hałasu oraz redukcję lokalnych uciążliwości społecznych.

Wdrożenie innowacji procesowej opartej na współczesnych technikach *IT* stwarza zasadnicze możliwości zmian dotyczących udoskonalenia i usprawnienia realizacyjnego procesu budowlanego, poprzez skrócenie ilości i czasu trwania poszczególnych etapów realizacji zadań, zwłaszcza w obecnie praktykowanym systemie *projektuj i buduj*. Innymi słowy, wprowadzenie zupełnie nowych rozwiązań technologicznych, organizacyjnych, logistycznych, daje w efekcie podział procesu budowlanego na dwa podstawowe i powiązane ze sobą etapy. Wyróżnia się:

- ✓ etap projektowania i realizowany automatycznie proces przygotowania budowy oraz
- ✓ etap wykonawczy robót budowlanych, opracowywany także w sposób automatyczny w wyniku sterowania przez system komputerowy oraz uzyskany automatycznie (w czasie rzeczywistym) proces kontroli i rozliczenia robót (rys. 2).



Rys. 2. Schemat integracji systemu realizacji budowli drogowych

Znaczące atrybuty systemowe wprowadzania unowocześnień oraz innowacji *IT*, powodują też konieczność ponoszenia znacznych nakładów inwestycyjnych w nowoczesnie wyposażone maszyny i sprzęt. W warunkach krajowych,

odpowiedni stan finansowy i zdolności kredytowe przejawiają głównie duże przedsiębiorstwa i konsorcja wykonawcze. Istniejąca współpraca i systemy podwykonawców przy realizacji dużych programów rozbudowy dróg lądowych tworzą warunki do dalszego rozwoju technologii opartych na innowacjach IT (rys. 3). Sprzyjają temu obecnie rozpowszechnione formy leasingu oraz wynajmu sprzętu i maszyn budowlanych.



Rys. 3. Schemat podatności na innowacje IT firm realizacji budownictwa dróg lądowych [2]

Wdrożenie nowych technologii i nowych kategorii usług skutkuje wprowadzeniem nowych jakości zarządzania firmami budowlanymi i projektowymi. Zasadniczym elementem nowej technologii procesu budowlanego jest system informatyczny, który obejmuje swym zasięgiem niemal cały obszar działalności przedsiębiorstwa budowlanego. Do podstawowych funkcji systemu informatycznego można zaliczyć między innymi:

- automatyczne sterowanie obsługą maszyn oraz kompleksową kontrolę całego parku maszynowego, a także kontrolę i rozliczanie wykonania poszczególnych etapów budowy,
- zdalne przesyłanie danych przy użyciu systemów *bluetooth*, *WiFi*, *GSM*, i transmisja ścisłych raportów w trak-

cie pracy maszyn budowlanych (np. objętość wbudowanych mas ziemnych) do stacjonarnego komputera bazowego.

W ten sposób prowadzona jest bieżąca kontrola, ewidencja i rozliczanie kosztów wykonania prac budowlanych oraz zdalna wymiana informacji z systemami sterowania maszyn. Do znamiennych efektów zastosowania innowacji technologicznych IT oraz nowych kategorii usług wykonywanych przez przedsiębiorstwa należą:

- optymalizacja procesu decyzyjnego w oparciu o bieżące, wpływające „w czasie rzeczywistym” informacje o stanie realizacji robót budowlanych, szacunkowych kosztach, możliwości właściwego planowania pracy, skoordynowanie działań, itp.
- uzyskanie lepszej pozycji negocjacyjnej przy zawieraniu umów lub kontraktów poprzez posiadanie wiedzy na temat szacunkowych kosztów poszczególnych rodzajów robót,
- optymalne zarządzanie aktywami firmy oraz systemy oceny, motywacji i szkoleń pracowników.

## Podsumowanie

Implementacja omówionych systemów wyposażenia sprzętowego przez poszczególne duże przedsiębiorstwa wykonawcze, opartych o nowe technologie IT i GPS, powoduje znaczny postęp w jakości i w wydajności realizowanych zadań inwestycyjnych, w tym i w zakresie budowy elementów infrastruktury dróg lądowych. Wpływa także na konkurencyjność poszczególnych przedsiębiorstw tej branży. Wdrażanie innowacji i technologii IT jest też zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju i przyczynia się do zmniejszenia negatywnego oddziaływania na środowisko.

## Bibliografia

- [1] Gradkowski K., *Budowle i roboty ziemne dróg lądowych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2013 r.
- [2] Rauno Heikkilä, Mika Jaakkola; *Intelligent Road Construction Site – Development of Automation into total Working Process of Finnish Road Construction*, Oslo 2012 r.

Zapraszamy do prenumerowania DROGOWNICTWA w 2016 roku

cena 1 egzemplarza 19 zł }  
prenumerata roczna 216 zł } (w tym 5% VAT)

*Dla studentów 50% zniżki*

Uprzejmie informujemy Szanownych Prenumeratorów, że egzemplarze „Drogownictwa” oraz faktury będą wysyłane po przesłaniu zamówienia na adres prenumerata.drogownictwo@sitkrp.org.pl oraz po wpłaceniu należnej kwoty na nasze konto:

**38 1160 2202 0000 0000 2741 3872**

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP, Zarząd Krajowy  
ul. Czackiego 3/5, 00-043 Warszawa

Redakcja