

INNOWACJE TECHNOLOGICZNE W BUDOWNICTWIE

Innowacje technologiczne a mechanizacja

prof. PW, dr hab. inż. Roman Marcinkowski, dr inż. Anna Krawczyńska-Piechna
Politechnika Warszawska
dr inż. Sławomir Biruk
Politechnika Lubelska

Głównie to technologia, rozpatrywana przez pryzmat stosowanej w niej mechanizacji, wpływa na organizację robót, warunki pracy robotników, tempo budowy, jakość wykonania, bezpieczeństwo pracy, wizerunek wykonawcy i inne cechy budowy.

Technologia i mechanizacja to główne aspekty obserwowanego postępu w budownictwie. Wyraźny jest ogólny postępu technologicznego przez pryzmat innowacji konstrukcyjnych i materiałowych. We współczesnym świecie inżynieria materiałowa przyniosła nam, i dalej przynosi, rewolucyjne zmiany techniczne w budownictwie. Z tymi zmianami nie są ściśle związane postępy w mechanizacji i technicznym wyposażeniu budownictwa.

Co jest więc motorem napędowym rozwojem mechanizacji budownictwa?

Naszym zdaniem są nimi:

- potrzeba zapewnienia odpowiednich/bezpiecznych warunków pracy, poszukiwanie sposobów doskonalenia jakości wykona-

nia procesów budowlanych i elementów budowlanych,

- związane z powyższym – dotrzymywanie kroku wymaganiom technologicznym,
- dążenie do zmniejszania pracochłonności robót,
- zwiększanie sprawności procesu budowlanego i wykonania poszczególnych robót,
- obniżanie kosztów budowy.

W tym kontekście zastanawiano się w przeszłości nad technologicznością rozwiązań projektowych [1]. Oceniano ją przez pryzmat różnych kryteriów. Na przykład we wspomnianej pracy [1] kryteriami oceny technologiczności były:

- 1) minimalizacja nakładów robocizny,
- 2) maksymalizacja możliwego zmechanizowania robót,
- 3) podatność transportowa zastosowanych wyrobów i konstrukcji,
- 4) minimalizacja potrzebnej specjalizacji robotników,
- 5) możliwość zapewnienia bezpieczeństwa robót,
- 6) możliwość wykonywania procesów budowlanych w zmiennych warunkach atmosferycznych,
- 7) podatność organizacyjna (możliwość sprawnego wykonania). Zastanawiano się też nad ergonomią pracy robotnika budowlanego, dając mu coraz doskonalsze narzędzia, konstrukcje pomocnicze i maszyny.

Głównie więc technologia, rozpatrywana przez pryzmat stosowanej w niej mechanizacji, wpływa na organizację robót, warunki pracy robotników, tempo budowy, jakość wykonania, bezpieczeństwo pracy, wizerunek wykonawcy i inne cechy budowy. Nowoczesność przejawia się tu głównie w usprawnianiu procesów budowlanych poprzez zastosowanie nowoczesnego osprzętu i konstrukcji pomocniczych, doskonalszych maszyn, stosowaniu nowoczesnych systemów kontroli i diagnostyki, implementacji automatyzacji i robotyzacji [2]. Mechanizacja przebiega w dwóch odmiennych kierunkach. Powstają coraz większe wysoko specjalizowane maszyny i następuje rozwój drobnych maszyn i elektronarzędzi. Wydaje się, że mechanizacja drobnych, ale uciążliwych prac ma nie mniejszy wpływ na obniżenie pracochłonności w budownictwie niż zastosowanie ciężkich maszyn budowlanych.

Innowacje w wyposażeniu placu budowy

Nowocześnie wyposażony plac budowy może być upodobniony do zakładu przemysłowego. Tworzą go funkcjonalne obiekty kontenerowe, systemy dostępu, warsztaty, magazyny, infrastruktura i urządzenia do obsługi transportu zewnętrznego i wewnętrznego. Kontenery spełniają współczesne wymagania izolacyjności termicznej, akustycznej i prze-

Nowoczesność przejawia się na placu budowy głównie w usprawnianiu procesów budowlanych poprzez zastosowanie nowoczesnego osprzętu i konstrukcji pomocniczych, doskonalszych maszyn, stosowaniu nowoczesnych systemów kontroli i diagnostyki, implementacji automatyzacji i robotyzacji.



Jednym z podstawowych zastosowań dronów jest nadzór nad prowadzonymi budowlami oraz utrzymaniem istniejącej infrastruktury. Z danych firmy badawczej PwC wynika, że wartość wykorzystania technologii dronowych w infrastrukturze szacowana jest na ponad 45 mld dolarów.



Fot. arch. aeroMind

ciwpożarowej; są przystosowane do łączenia w różne obiekty z kompletnym wyposażeniem odpowiednim do spełnianych funkcji. Instalacje i urządzenia elektryczne wyposażone są w systemy przeciwporażeniowe, pozwalają na bezpieczną pracę zarówno w dzień, jak i w nocy. Systemy zaopatrywania w wodę zapewniają spełnianie warunków sanitarnych, produkcyjnych i przeciwpożarowych.

W ostatnich latach nastąpił w Polsce stonkowo intensywny rozwój systemów i urządzeń technicznych do zapewnienia bezpiecznych warunków pracy na budowie. Są to urządzenia do bezpośredniej ochrony robotników oraz systemy monitorowania robót i placu budowy. Na rynku dostępne są: systemy tymczasowych zabezpieczeń na krawędzi, pionowe i poziome systemy asekuracyjne, linowe systemy kotwiczące, siatki asekuracyjne, siatkowe platformy robocze itd. Stosowane są już na budowach autonomiczne, inteligentne systemy monitorowania robót i placu budowy, które są produktami intensywnie rozwijających się technologii informatyczno-elektrycznych. Zapewniają one śledzenie postępu robót, monitorowanie przestrzegania procedur technologicznych i organizacyjnych, a także warunków bhp. Analizując współczesne techniki mające na celu usprawnienie robót budowlanych, można, w ślad za W. Knightem [3], postawić tezę, że przyszłość innowacji należy właśnie od tych systemów.

Przykłady innowacji w wyposażeniu placu budowy

Systemy i urządzenia techniczne do zapewnienia bezpiecznych warunków pracy na budowie:

- urządzenia do bezpośredniej ochrony robotników;
- autonomiczne, inteligentne systemy monitorowania robót i placu budowy;
- systemy tymczasowych zabezpieczeń na krawędzi;
- pionowe i poziome systemy asekuracyjne;
- linowe systemy kotwiczące;
- siatki asekuracyjne;
- siatkowe platformy robocze;
- systemy bezkolizyjnej realizacji i kontroli robót montażowych.

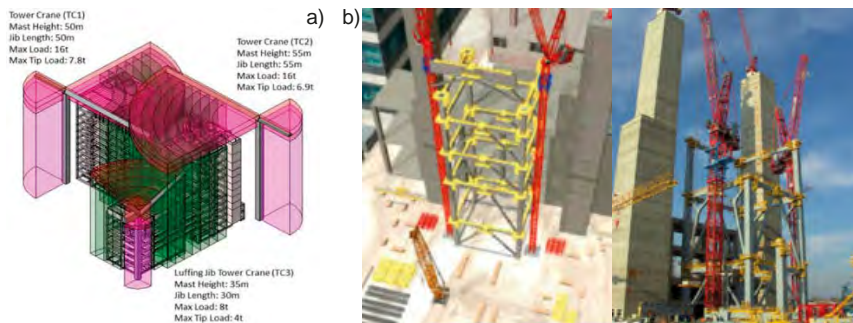
Istotnym elementem nowoczesnej budowy są zautomatyzowane systemy bezpieczeństwa i kontroli różnych urządzeń placu budowy. Na przykład opracowywane są systemy bezkolizyjnej realizacji i kontroli robót montażowych przy użyciu kilku równolegle pracujących maszyn montażowych.

Problemem jest tu zaplanowanie zasięgu pracy żurawia i transportu materiału (CP, CPCP, ang. *crane path, crane path checking and planning*) bądź ustalenie lokalizacji maszyny, pozwalającej na efektywne prowadzenie prac (rys. 1b). Obecnie wykorzystuje się przy tym nie tylko technologię GPS i GIS, ale także BIM – w celu modelowania montowanych obiektów, oraz CIM (ang. *Crane Information Modelling*) [4,5] w celu określenia informacji o parametrach dźwigów (rys. 1a).

Monitorowanie robót

Sprawną realizacją robót budowlanych wymaga obecnie precyzyjnego określenia ich zakresu oraz bieżącej kontroli postępu i jakości ich wykonania oraz monitorowania zagrożeń na budowie. W tym obszarze również dokonał się w ostatnich latach znaczący postęp technologiczny. Wynika on z zastosowania laserów i postępu w technikach fotogrametrycznych, skaningowych i detekcyjnych.

Inteligentne dalmierze pozwalają tworzyć modele inwentaryzowanych obiektów. Zrobotyzowane tachimetry elektrooptyczne z serwomotorami (samosterujące) oraz satelitarne tyczki pomiarowe GNSS z dedykowanymi urządzeniami mobilnymi (rys. 2) pozwalają istotnie skrócić prace geodezyjno-pomiarowe [18]. Systemy inteligentnie stero-



Rys. 1. a) Modelowanie pracy dźwigów w technologii CIM wg [4]
b) widok symulacji pracy dźwigów i widok pracy w warunkach budowy wg [6]



Rys. 2. Tyczka pomiarowa GNSS z kontrolerem [19]



Rys. 3. Niwelator dwukierunkowy Trimble [19]

wanych i autonomicznych urządzeń elektronicznych z dronami wykorzystuje się obecnie do tworzenia map ortofotogrametrycznych i zdjęć w technologii fotogrametrycznej oraz pomiarów w miejscach trudno dostępnych. Profesjonalne lasery powierzchniowe, punktowe czy liniowe oraz niwelatory (rys. 3.) umożliwiają dokładne przenoszenie kątów prostych, niwelowanie, wykrywanie nierówności powierzchni posadzek oraz szybkie wyrównywanie pozycji obiektów na coraz większych przestrzeniach roboczych – nawet w zasięgu 800 m. Nowoczesne rozwiązania elektroniczne pozwalają monitorować przemieszczenia konstrukcji, wibracje, warunki środowiska – wraz z oceną zagrożeń.

Korzystanie z dobrodziejstw systemów kontrolno-pomiarowych nie byłoby możliwe bez odpowiedniego oprogramowania i platformy wymiany informacji. Obecnie zarządzanie budową może odbywać się w trybie on-line, w czasie rzeczywistym. Dostępne na rynku rozwiązania informatyczne pozwalają zarządzać transmisją danych projektowych, wizualizować postęp prac i harmonogram robót – poprzez integrację skanów laserowych z modelami 3D projektowanych lub zrealizowanych obiektów, instalacji czy infrastruktury w terenie.

Podsumowanie

Rozwój technologii i mechanizacji stosowanych na budowach jest efektem ogólnego postępu technicznego w gospodarce na-

rodowej. Inżynieria przedsięwzięć budowlanych, jako obszar specjalistycznej wiedzy o budowaniu obiektów, procesach inwestycyjno-budowlanych, eksploatacji budownictwa, niewiele wnosi do tego obszaru. Stawiamy więc pytanie, co jest powinnością technologów i organizatorów budownictwa? Naszym zdaniem – jest nią modelowanie procesów technologicznych, badanie i ocena użyteczności proponowanych rozwiązań, normowanie procesów budowlanych, wskazywanie kierunków badań oraz weryfikacja technik i struktur organizacyjnych z punktu widzenia efektywności oraz bezpieczeństwa prowadzenia działalności budowlanej.

Technologia i mechanizacja jest podstawą do organizowania prac na budowie oraz oceny spodziewanych kosztów budowy. Przewidywanie harmonogramów i kosztów wykonania zadań budowlanych musi być oparte na wiarygodnych normach i wskaźnikach. Tak więc standaryzacja i normowanie procesów budowlanych wykonywanych nowymi, udoskonalanymi technologiami jest ciągle potrzebna. Potrzebne są też metody analizy złożonych systemów technologicznych w celu wyznaczenia efektywnych rozwiązań pod względem czasu i kosztów prowadzenia budowy. ■

Artykuł opracowano na podstawie materiałów z konferencji KILiW PAN i PZITB Krynica 2017

Literatura

- [1] Czemplik A, Irzyk M.: Ocena technologiczności projektów budowlanych. *Budownictwo i Inżynieria Środowiska* 2011, nr 2.
- [2] Adamowski J, Lewandowski J.: Tendencje i wybrane problemy stosowania automatyzacji i robotyzacji w budownictwie. *Przegląd Budowlany* 2012, nr 7-8.
- [3] Knight W.: New Boss on Construction Sites Is a Drone. *MIT Technology Review* 2015, no 138(4).
- [4] Yeoh J.K.W., Wong J.H., Peng L.: Integrating Crane Information Models in BIM for Checking the Compliance of Lifting Plan Requirements. [In:] *Proceedings of the 33rd ISARC, Auburn, USA 2016*. s.966-974.
- [5] Wang J. et al.: A BIM-based approach for automated tower crane layout planning. *Automation in Construction* 2015, No 59, s. 168-178.
- [6] S-H. Han et al.: A framework for crane selection in large-scale industrial construction projects. [In:] *Proceedings of the 30th ISARC, Montreal, Canada 2013*. s. 387-394.
- [18] Araszkiewicz K., Tryfon-Bojarska A., Szerner A.: Korzyści ze stosowania BIM w realizacji robót inżynierskich z perspektywy wykonawcy. *Materiały Budowlane* 2016, Nr 6, s. 164-165.
- [19] materiały informacyjne firmy Trimble: <http://construction.trimble.com/products-and-solutions>.

Streszczenie. Innowacje technologiczne w budownictwie. Technologia i mechanizacja to główne aspekty obserwowanego postępu w budownictwie. W cyklu artykułów przedstawiono główne osiągnięcia w technologiach budowy budynków, rozpatrywanych przez pryzmat stosowanej w nich mechanizacji. Nowoczesność przejawia się tu głównie w usprawnianiu procesów budowlanych poprzez zastosowanie nowoczesnego osprzętu i konstrukcji pomocniczych, doskonalszych maszyn, stosowaniu nowoczesnych systemów kontroli i diagnostyki, implementacji automatyzacji i robotyzacji do budowania obiektów. Jest to przegląd osiągnięć technicznych oferowanych dla budownictwa w celu poprawy efektywności i jakości wykonania robót, zapewniania bezpiecznych warunków pracy, zwiększania konkurencyjności firm oferujących usługi budowlane oraz podnoszenia na wyższy poziom techniczny wykonawstwa budowlanego.

Słowa kluczowe: Innowacje, technologia budowy, mechanizacja robót

Abstract. Technological innovations in construction. Technology and mechanisation of works are two main areas of developments in construction. A series of articles presents the latest achievements in building technology that refer to mechanisation of works. The modernity manifests itself through innovative building machines and equipment, powerful temporary structures, intelligent diagnostic and control devices, automation and robotics involved into various construction works. The authors reviewed the most recent accomplishments of the construction industry that improve efficiency and quality of works, increase safety conditions, expand competitiveness between construction contractors and, thus, elevate building construction techniques.

Keywords: Innovations, building works technology, mechanisation in construction