

# Technologia w służbie budownictwa wysokiego



Mgr inż. Piotr Dziegielewski, Pełnomocnik Zarządu ds. Rozwoju, PERI Polska Sp. z o.o.

Obiekty wysokie zawsze budziły duże zainteresowanie, a często również emocje. Inwestycji tego typu przybywa, a ich powiększająca się liczba wzmaga też zaciekawienie tematem, nie tylko w branży architektoniczno-budowlanej. W grupie najbardziej zaangażowanych są studenci wydziałów budownictwa, którzy, pytani o najbardziej interesujące ich dziedziny wiedzy, nieodmiennie wskazują technologię wznoszenia budynków wysokich jako jeden z głównych obszarów swoich fascynacji. Prawdopodobieństwo uczestniczenia w budowie wysokościowca zwiększa się powoli z uwagi na liczbę planowanych tego typu obiektów, jednak nadal pozostaje stosunkowo niskie. Pomimo to wielu przyszłych inżynierów chce zgłębiać tajniki tej wąskiej specjalizacji. Patrząc na sprawę z innej strony, stosunkowo niewielka liczba zrealizowanych do tej pory projektów w Polsce sprawia, że grono osób i firm posiadających odpowiednio rozległe doświadczenie, aby kształcić w tej dziedzinie, jest bardzo ograniczone. Tym bardziej że technologia budowlana ewoluuje.

Początki nowożytnej ery budowy obiektów wysokich związane są z konstrukcjami stalowymi. Z czasem coraz większego znaczenia nabierała technologia żelbetowa, oferująca o wiele większe bezpieczeństwo pożarowe. Jednak aby mogła być w pełni wykorzystana, musiał nastąpić przełom w technologiach produkcji mieszanki betonowej i jej formowania. Artykuł ten przedstawia dzisiejsze możliwości w zakresie nowoczesnej techniki deskowań, które są jednym z niezbędnych narzędzi do wznoszenia obiektów żelbetowych.



Warsaw Spire w Warszawie (u góry widoczne osłony RCS-P)

Uczestnicy procesu budowlanego mierzą się najczęściej z szeregiem niesprzyjających zjawisk i czynników stale towarzyszących tego typu obiektom. Większość ze zjawisk wynika bezpośrednio lub pośrednio z wysokości budynku, z jego usytuowania, a także z dostępnego obecnie poziomu techniki.

Żelbetowe budynki wysokie i średnio wysokie w Polsce posiadają najczęściej trzonowo-szkieletowy system konstrukcyjny lub, rzadziej, układ w pełni monolityczny z żelbetowymi ścianami zewnętrznymi. W każdym przypadku występuje trzon usztywniający oraz kombinacja słupów i ścian ze stropami i ewentualnie belkami. Biorąc pod uwagę dzisiejsze metody wznoszenia konstrukcji żelbetowych, wiodącym i nieodłącznym elementem procesu budowy są deskowania formujące wszystkie wymienione elementy konstrukcyjne.

U podstaw racjonalnego wykorzystania deskowań leży zasada ich przedstawiania lub inaczej rotacji. Stosując podział obiektu na odpowiednie działki robocze, można zoptymalizować ilość sprzętu i usprawnić budowę. Jednak nawet najlepiej zaprojektowane działki robocze nie zmieniają faktu, że do obsługi nowoczesnych i wydajnych deskowań niezbędny jest żuraw lub urządzenie go zastępujące.

Planowanie liczby i rozmieszczenia żurawi na placu budowy odbywa się najczęściej w oparciu o wzory empiryczne, jednak z uwagi na wysokie koszty, żurawie dobierane są z reguły z myślą o ich możliwie pełnym wykorzystaniu. W budynkach wysokich podstawowym problemem jest zmniejszanie się wydajności żurawi wraz z każdą powstającą kondygnacją, skutkujące wydłużeniem cykli roboczych podnoszenia i opuszczania materiałów

oraz sprzętu. Dowolne zwiększanie liczby żurawi nie wchodzi z reguły w rachubę ze względu na usytuowanie placu budowy w centrum miasta, sąsiadujące budynki lub ograniczoną powierzchnię.

Nieodłącznym tłem obiektów wysokich są gęsto zabudowane i zatłoczone centra miast. Powierzchnia placu budowy jest często niewiele większa niż sam budynek, ze względu na bardzo wysokie ceny gruntu i duże kary za czasowe blokowanie przyległych ulic. Równie ważne jest utrudnienie lub brak możliwości stosowania obrotowych żurawi wieżowych, z uwagi na istniejące już budynki wysokie. Poniżej dachów sąsiadujących obiektów nie ma możliwości obrotu ramienia, a uzyskanie większej wysokości żurawia bez zakotwień pośrednich jest albo niemożliwe, albo bardzo kosztowne. Stosowane są w ich miejsce żurawie wychylne o większej uniwersalności lecz mniejszej wydajności. Sprawą pierwszorzędnej wagi staje się zatem optymalne ich wykorzystanie, i gdzie tylko możliwe, uniezależnienie się od nich. Wszystkie typy żurawi są wrażliwe na wpływ wiatru, którego prędkość wzrasta wraz z wysokością, powodując utrudnienia w pracy bądź przestoje. Im wyższy budynek, tym dłuższy czas ekspozycji i większe prawdopodobieństwo wystąpienia niekorzystnych zjawisk

pogodowych zmniejszających wydajność. Żurawie muszą być też sukcesywnie podwyższane i kotwione do konstrukcji budynku, co dodatkowo pochłania cenny czas w harmonogramie.

Tradycyjne podejście do pracy z deskowaniami ściennymi, ustawianymi na stropie lub pomostach (wewnątrz przestrzeni otwartych lub wokół krawędzi stropu), wiąże się z koniecznością każdorazowego demontażu i podejmowania żurawiem fragmentów deskowania w celu odstawienia go na odkład, gdzie można je oczyścić i przygotować do kolejnego zastosowania. Miejsce przygotowania deskowań najczęściej znajduje się na poziomie terenu lub na już wykonanej, z reguły szerszej, kondygnacji poniżej. Takie działanie w przypadku budynku wysokiego nie ma racji bytu ze względu na olbrzymie nakłady robocze pracy żurawi, które musiałyby być ponoszone na obsługę deskowań. Dla budynków średnio wysokich stosuje się często deskowania umieszczane na pomostach roboczych, wyposażonych w możliwość odchylenia lub odsuwania deskowania na czas czyszczenia i zbrojenia ściany. Deskowania i pomosty tworzą jednostki przestawiane jednym ruchem żurawia na kolejne kondygnacje. Jednak nawet takie usprawnienie jest niewystarczające przy budowie obiektów wysokich i również narażone na wpływ wiatru. Budynek wysoki to nie tylko konstrukcja żelbetowa. Z przesunięciem w fazie kilku kondygnacji trwają roboty wykończeniowe: ścian działowych, tynków, posadzek, instalacji i fasady, które również muszą korzystać z tych samych dźwigów do transportu pionowego materiałów.

W praktyce, planując budowę budynków wysokich, szuka się każdego możliwego sposobu na odciążenie pracy żurawi. Stosuje się pompy z rozścielaczami do transportu mieszanki betonowej, przejezdne urządzenia dźwignicowe do elementów ścian kurtynowych itp. Chcąc jednak zapewnić wydajne wznoszenie konstrukcji, potrzebne jest coś jeszcze

– system samoczynnego wspinania deskowań. Urządzenie, które zapewnia praktycznie pełną niezależność pracy deskowań od żurawia i minimalizuje wrażliwość robót budowlanych na działanie wiatru.

Firma PERI jest pionierem metody samoczynnego wspinania pomostów z deskowaniami. Rozwój tej technologii rozpoczął się w 1972 roku wraz z patentem PERI nr DE 2217 584 na pomosty robocze z wózkiem do deskowań. Pierwsze wersje pomostów z możliwością samoczynnego wspinania pojawiły się jeszcze w latach siedemdziesiątych XX wieku. W 1993 roku wprowadzono modułowy system znany jako ACS (*Automatic Climbing System*), stosowany z powodzeniem również obecnie.

W ramach systemu ACS występuje 5 odmian przewidzianych do różnych zastosowań i uzupełniających się nawzajem. Są to:

- ACS R (R od *Regular* – pomosty zewnętrzne),
- ACS P (P od *Platform* – pomosty do trzonów),
- ACS G (G od *Gallows* – wspornikowe do ścian),
- ACS V (V od *Variable* – o zmiennym kącie nachylenia – do pylonów mostowych),
- ACS S (S od *Shaft* – do bardzo ciasnych szybów windowych).

Odmiany są kompatybilne i mogą być łączone w celu uzyskania optymalnych rozwiązań. Podstawową zasadą działania systemu jest wspinanie się jednostek pomostów razem z zainstalowanymi na nich deskowaniami po wykonanej z ich udziałem konstrukcji żelbetowej. We wznoszonych ścianach umieszcza się odpowiednie zakotwienia pozwalające bezpiecznie przekazać obciążenia na konstrukcję budynku. Przez cały okres trwania budowy stanu surowego pomosty są trwale związane z obiektem. Sposób kotwienia pozwala na bardzo szybkie obciążanie zakotwień, co oznacza, że jedynym teoretycznym ograniczeniem możliwości podnoszenia systemu jest proces hydratacji cementu. W praktyce pomosty



System ACS do budowy trzonu (wizualizacja)

mogą wspinać się już po około 1–1,5 doby od zabetonowania ścian.

Żuraw potrzebny jest do obsługi deskowań trzonu jedynie w czasie instalacji systemu i przy jego demontażu, po osiągnięciu najwyższej kondygnacji. Główną zaletą wszystkich odmian ACS jest integracja deskowania z pomostem w sposób umożliwiający minimalizację nakładów roboczych do ich obsługi. Deskowania ustawiane są na wózkach jezdnych lub podwieszane do konstrukcji stalowej umożliwiającej jego odsuwanie. Dla każdego pomostu przewidziany jest osobny zestaw deskowań, którego nie trzeba nigdzie dodatkowo transportować. Konstrukcja pomostów składa się w 80% z wyrobów systemowych i w 20% z elementów specjalnych – produkowanych na potrzeby konkretnego projektu. Wynika to z faktu występowania unikalnych rozwiązań geometrycznego rozplanowania trzonów w budynkach wysokich. Wszystkie odmiany wykorzystują jeden rodzaj napędu hydraulicznego i takie same elementy kotwienia do budynku – co wbrew pozorom nie jest oczywiste w innych rozwiązaniach dostępnych na rynku.

Zasada działania napędu jest stosunkowo prosta i w pewnym sensie naśladuje to, co już dawno wynalazła natura. Dobrą analogią jest sposób wpinania się gąsienicy mierzwiaka (*Lepidoptera Geomitridae*) po todydze. Wygięta w łuk, z punktem oparcia u dołu, wypycha się ona i zaczepia u góry, a następnie podciąga. W wersji mechanicznej pomosty zaczepione są w miejscu kotwienia do ściany. Siłownik hydrauliczny wypycha w górę niezależną szynę, która zaczepia się automatycznie w uchwycie górnej kondygnacji. Po tak podniesionej szynie siłownik wynosi następnie w górę cały pomost z deskowaniami. Pomimo pozornej prostoty dopiero opatentowane rozwiązania i szczegóły konstrukcyjne wynikające z wieloletniej praktyki inżynierskiej decydują o sukcesie stosowania. Główny nacisk konstrukcji systemu położony jest na bezpieczeństwo i nie-

zawodność działania oraz wydajność użytkownika. Liczba siłowników o udźwigu 100 kN każdy i agregatów z odpowiadającą im liczbą obwodów hydraulicznych jest dobierana indywidualnie do każdego projektu przez technologów PERI. Z punktu widzenia użytkownika proces wspina się do ustawienia zapadek sterujących pracą siłowników i naciśnięcia przycisku w pilocie zdalnego sterowania. Użytkownik nie musi wiedzieć, że za tak prostą obsługą kryje się cały szereg przemyślanych systemów, jak np. regulatory przepływu w agregatach hydraulicznych, mechanicznie wymuszone sterowanie pracą głowic siłowników, automatyczne zapadki grawitacyjne itp.

Rozwój systemów trwa jednak nieprzerwanie i owocuje kolejnymi przełomowymi osiągnięciami. W 2005 roku PERI wprowadziło w pełni modułowy system RCS (*Rail Climbing System*) w dwóch rodzajach:

- RCS – P (P od *Protection* – pomosty osłonowe) i
- RCS – C (C od *Carriage* – pomosty robocze).

Z myślą o bezpieczeństwie i wydajności personelu budowy pracującego na dużych wysokościach stworzono system osłon zabezpieczających RCS-P, otaczający szczelnie ostatnie trzy wznoszone kondygnacje. Rozwiązanie to spełnia szereg funkcji, spośród których najważniejszymi są zwiększenie bezpieczeństwa i wydajności pracy. Realizowane jest to poprzez stworzenie wokół obwodu stropu przegrody ochraniającej pracowników i narzędzia przed upadkiem z wysokości oraz izolującej ich od czynników atmosferycznych, głównie wiatru. Wizualne odseparowanie od dużej wysokości wpływa też korzystnie na komfort pracy i przekłada się na realne korzyści ekonomiczne budowy. Z doświadczeń uzyskanych z budów w Polsce wiadomo, że produktywność pracowników pracujących przy osłoniętej krawędzi stropu, wzrastała dwukrotnie w porównaniu do nieosłoniętej. Od czasu wprowadzenia na rynek osłony zabezpiecza-

jące stały się kanonem wykonywania budynków wysokich.

Odmiernym rodzajem są pomosty robocze RCS-C przeznaczone dla budynków średniej wysokości. Wyposażone są w wózki pozwalające na odsuwanie deskowań od ścian o 90 cm i pełne obarierowanie na całej wysokości, zapewniając komfort pracy i bezpieczeństwo.

Kluczem sukcesu systemu RCS jest jego modułarna budowa i wykorzystanie mobilnego napędu hydraulicznego. Główne elementy składowe RCS są częścią systemu o nazwie VARIOKIT. Filozofia PERI zapewnienia klientom najbardziej korzystnych i ekonomicznych rozwiązań, w połączeniu ze świadomą dbałością o zrównoważony rozwój w budownictwie, zaowocowały powstaniem uniwersalnego zestawu inżynierskiego



Złota 44 w Warszawie

go VARIOKIT. System ten jest efektem prac badawczych, popartych wieloletnim doświadczeniem kadry inżynierskiej PERI na całym świecie i pozwala na kształtowanie rozwiązań oraz budowę różnorodnych konstrukcji lub urządzeń bez konieczności produkowania dodatkowych elementów. Zestaw składa się ze stypizowanych modułowych wyrobów stalowych w postaci rygli, rozpór i elementów węzłowych, dających się łączyć w dowolnych konfiguracjach minimalnym nakładem roboczym. Łączniki ograniczone są do dwóch rodzajów sworzni pasowanych i śrub.

Minimalizacja nakładów roboczych na montaż i użytkowanie oraz wysoki poziom bezpieczeństwa były fundamentalnymi założeniami na etapie rozwoju i wdrażania systemu VARIOKIT. Podstawowe elementy składowe zoptymalizowane są zarówno pod kątem wartości obciążeń występujących w konstrukcjach inżynierskich, jak i geometrii, pozwalając na ich swobodne kształtowanie.

Wartość użytkową systemu RCS podnoszą rozwiązania pomocnicze korzystające z tej samej bazy produktów. Należą do nich m.in. platformy rozładunkowe i pomosty zintegrowane z zewnętrznymi schodniami rusztowaniami. Pierwsze zapewniają łatwą rotację materiału pomiędzy kondygnacjami za pomocą żurawia lub własnego urządzenia dźwigniowego, a drugie sprawną i bezpieczną komunikację personelu w obrębie kilku ostatnich kondygnacji.

Wszystkie wymienione wersje i rozwiązania pomocnicze RCS korzystają z mobilnego napędu hydraulicznego. Oznacza to, że w przeciwieństwie do ACS pomosty nie są na stałe wyposażane w napęd. Mogą z niego korzystać, ale nie muszą. Początkowo gdy planowana wydajność żurawia jest wystarczająca, pomosty mogą być podnoszone przy ich użyciu. Nadal mają przewagę nad tradycyjnymi pomostami, będąc trwale połączone ze wznoszonym obiektem, również w trakcie podnoszenia (mniejsza wrażliwość na podmuchy wiatru). Jeżeli jednak okaże się na pewnym eta-

pie budowy, że wydajność żurawia nie wystarcza, można skorzystać z alternatywy w postaci własnego napędu hydraulicznego. Składa się on z zestawu przejezdnej pompy i czterech przenośnych siłowników hydraulicznych. Aby go użyć, nie trzeba istniejących pomostów w żaden sposób doposażać – są one od początku gotowe do stosowania z własnym napędem. Zestaw pozwala na jednoczesne podnoszenie dwóch pomostów, po czym przestawiany jest na kolejne. Ogranicza się w ten sposób ilość relatywnie drogiego sprzętu, stosując znaną z deskowań zasadę rotacji.

Przy budowie budynków wysokich stosuje najczęściej połączenie odmian systemów samoczynnego wspinięcia dla trzonów, ośton



*Pylon Mostu Rędzkińskiego we Wrocławiu*

oraz zewnętrznych schodni i pomostów rozładunkowych, zapewniając w ten sposób szybkie tempo realizacji z gwarancją wysokiego poziomu bezpieczeństwa.

Do tej pory system sprawdził się na świecie w ponad 450 realizacjach. W Polsce z uwagi na fakt, że budowa obiektów wysokich rozpoczęła się na zauważalną skalę stosunkowo późno, skorzystano od razu ze sprawdzonych osiągnięć światowych. W Polsce ACS zastosowano z powodzeniem przy budowie: Warszawskiego Centrum Finansowego, Business Research Center, Pylonu Mostu Świętokrzyskiego, Złotych Tarasów, Rondo 1, Residential Tower – Złota 44, Cosmopolitan – Twarda 2/4, Warsaw Spire w Warszawie; Pylonu Mostu im. Jana Pawła II w Gdańsku, Sea Towers w Gdyni, Pylonu Mostu Rędzkińskiego i Sky Tower we Wrocławiu. Lista referencyjna użycia w kraju systemu RCS jest zbyt długa, aby ją przytaczać.

W realiach rynkowych oczekiwania harmonogramowe i budżetowe inwestorów nie pozostawiają miejsca na eksperymentowanie. Firma budowlana podejmująca się wykonania stanu surowego budynku wysokiego musi mieć „rozpisany na nuty” plan działania, opierający się na doświadczonej kadrze, sprawdzonych rozwiązaniach oraz rzetelnych dostawcach materiałów i technologii. Musi być w pełni świadoma dostępnych możliwości, ale i potencjalnych problemów oraz zagrożeń, specyficznych dla budowli wysokich, jak i szczególnych, dotyczących konkretnego projektu.

Firma PERI prowadzi dla zainteresowanych regularne szkolenia z zakresu technologii deskowań, obejmujące wszystkie rodzaje budownictwa lądowego. Z systemami można zapoznać się w halach wystawowych, wyposażonych m.in. w pomosty ACS z napędem hydraulicznym.

Służymy Państwu bezpośrednim doradztwem technicznym i odpowiadamy na wszelkie zapytania dotyczące konkretnych przedsięwzięć, od najwcześniejszych etapów projektowania. Pomagamy budować.