

PERI dla najwyższego drapacza chmur w Europie

Lakhta Center, wyróżniający się nietuzinkową architekturą futurystyczny kompleks budynków zaprojektowany przez Tony'ego Kettle'a, stał się nową wizytówką Sankt Petersburga. Pośrodku tego kompleksu położonego nad Zatoką Fińską Morza Bałtyckiego znajduje się budynek wysokościowy, który niebawem po ukończeniu swoją wysokością 462 m przerośnie nie tylko wszystkie budynki w Rosji, lecz również w całej Europie.

PERI wspierało wykonawcę kompleksu, przedsiębiorstwo budowlane Renaissance Construction w trakcie trwania całej budowy – począwszy od zadeskowania rekordowego fundamentu aż po dostawę skomplikowanych urządzeń formujących i zabezpieczających konstrukcję żelbetową budynku wysokościowego.

Lakhta Center – kompleks liczący około 400 000 m² powierzchni użytkowej – z końcem 2018 r. będzie największym centrum użyteczności publicznej w Sankt Petersburgu. W centralnym punkcie kompleksu znajduje się wysokościowy biurowiec i imponujący budynek wielofunkcyjny. Ponadto na terenie kompleksu powstaje amfiteatr, bank, obiekty sportowe, rekreacyjne i handlowe, ośrodek zdrowia, planetarium, sekcja gastronomiczna, strefa wystawieniczo-targowa, świat nauki i technologii oraz wiele innych obiektów różnego przeznaczenia.

87-piętrowy biurowy budynek wysokościowy – w przyszłości centrala koncernu energetycznego Gazprom Neft – będzie mierzył 462 m i stanie się najwyższym budynkiem w Europie. Nie tylko sama wysokość budynku, lecz przede wszystkim trudne warunki geologiczne i hydrologiczne na samym brzegu Morza Bałtyckiego wyjątkowo skomplikowały po-



Rys. 1. W Sankt Petersburgu powstaje najwyższy wieżowiec w Europie. Siedziba koncernu energetycznego Gazprom Neft będzie mierzyć 462 m. W skład przedsięwzięcia wchodzi ponadto spektakularny budynek wielofunkcyjny, amfiteatr i rozległe parki (fot. PERI GmbH)



Rys. 2. Unikalne położenie u brzegu Morza Bałtyckiego w Zatoce Fińskiej było wielkim wyzwaniem. Posadowienie budynku wysokościowego było skomplikowane nie tylko z powodu jego wysokości i dużego obciążenia wiatrem, lecz również ze względu na wyjątkową geologię terenu (fot. PERI GmbH)

sadowienie obiektu. Dodatkowym utrudnieniem jest szczególnie silnie wiejący w strefie nadmorskiej zatoki wiatr osiągający u szczytu budynku prędkość 150 km/h. Pod

względem architektonicznym i konstrukcyjnym największym wyzwaniem w realizacji tego budynku była jego zmienna geometria wynikająca ze spiralnego skręcania się po-



szczególnych kondygnacji po linii śrubowej średnio o kąt $0,8^\circ$ na kondygnację, z jednocześnie stożkowo zwężającym się ku górze obrysem fasady.

Poza tym wykonawca obiektu musiał użyć ogromnej liczby rusztowań pod-

Posadowienie: rekord Guinnessa

Nietypowe warunki posadowienia budynku wysokościowego na brzegu zatoki nie pozwoliły na zastosowanie monolitycznej płyty dennej,



Rys. 3. Na potrzeby okrągłego trzonu budynku wysokościowego przedsiębiorstwo PERI skonstruowało i dostarczyło wydajne urządzenie formujące na bazie systemu samoczynnego wspinania ACS. Niezależność eksploatacji urządzenia od pracy żurawia i warunków atmosferycznych przyspieszyła postęp robót (fot. PERI GmbH)



Rys. 4. Osłony zabezpieczające RCS-P okalają szczelnie budynek, chroniąc załogę budowy na trzech kondygnacjach przed upadkiem z wysokości i szalejącym wiatrem. Przegubowe uchwyty stropowe oraz teleskopowe osłony pozwalały na bezpieczne mocowanie do stropów i zachowanie szczelności pomimo ciągłych zwężeń i uskoków oraz umożliwiały samoczynne wspinanie osłon po spiralnej geometrii budynku (fot. PERI GmbH)

pierających najróżniejsze elementy konstrukcji stalowej, m.in. dźwigary Vierendeel'a i przebudowywać te rusztowania z wykorzystaniem rusztowań roboczych.

więc zaprojektowano indywidualnie specjalny fundament skrzyniowy. Budynek posadowiono na 264 palach o średnicy 2 m sięgających na głębokość 82 m zwieńczonych

wielogałęziowym żelbetowym oczepem skrzyniowym o polu podstawy 5720 m^2 i wysokości 16,6 m. Gigantyczną skrzynię przenoszącą obciążenia budynku na grunt za pośrednictwem pali tworzą okrągły rdzeń o średnicy wewnętrznej 24,5 m i grubości ściany 2,5 m połączone z pięcioma ścianami zewnętrznymi za pomocą dziesięciu rozchodzących się promieniście tarczowych przepon dwuteowych przewiązanych trzema poziomymi płytami. Podczas betonowania tego fundamentu w marcu 2015 r. załoga budowy ustanowiła nowy rekord świata, który wpisało do Księgi Rekordów Guinnessa jako najdłuższy na świecie nieprzerwany cykl monolitycznego betonowania. Podczas jednego cyklu ułożono $19\,624 \text{ m}^3$ mieszanki betonowej, tj. o około 3000 m^3 więcej niż w przypadku poprzedniego rekordzisty – Wilshire Grand Center w Los Angeles.

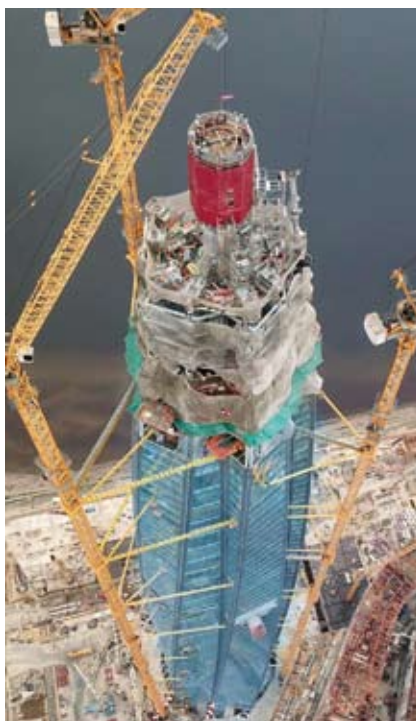
Na potrzeby tak skomplikowanego posadowienia budynku Biuro Techniczne PERI Rosja opracowało rozwiązanie zadeskowania ścian fundamentu. Zaprojektowany przez technologów PERI złożony koncept formowania na bazie deskowania ramowego DOMINO optymalnie spełnił główne wymagania wykonawcy. Polegał on na tym, że stosunkowo lekkie elementy deskowania ściennego można było w dużej mierze montować i przestawiać ręcznie, co przyczyniło się do zminimalizowania zapotrzebowania na żuraw. Jednocześnie deskowanie przenosiło wysokie parcie boczne mieszanki betonowej dochodzące do 80 kN/m^2 .

Wieża: najwyższy budynek Europy

Centralnym obiektem kompleksu Lakhta Center jest budynek wysokościowy Lakhta Tower, który swoim spiralnym kształtem wkręca się w niebo. Niemieccy i rosyjscy technolodzy PERI opracowali w ścisłej współpracy z wykonawcą złożone urządzenie formujące żelbetowy trzon budynku o średnicy wewnętrznej zmieniającej się z 24,5 m

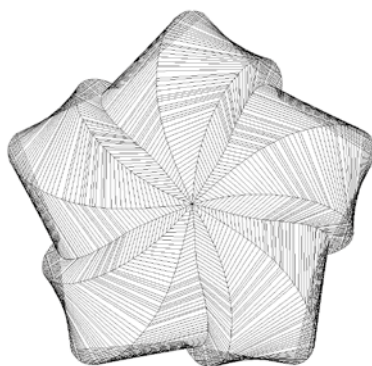
na 15,8 m i o grubości ścian malejącej od 200 cm do 40 cm. Trzon ten mieści w sobie kilkadziesiąt szybów dźwigowych, wentylacyjnych i technicznych, w których poruszać się będą 34 windy. Kombinacja systemu samoczynnego wspinania ACS z napędem hydraulicznym i z dźwigarowymi deskowaniami ściennymi VARIO GT 24 umożliwiały szybkie i niezależne od warunków atmosferycznych przemieszczanie się deskowań na kolejne sekcje betonowania bez użycia żurawia. Dzięki uniwersalnej konstrukcji deskowań cieśle mogli optymalnie dopasowywać ich kształt do zmiennej geometrii szybów i trzonu budynku. Skonstruowane przez PERI rozwiązania specjalne, jak np. stalowe formy ruchome ze zintegrowanymi mechanizmami rozdeskowania narożników zapewniły szybki i wydajny postęp robót, również w ciasnych szybach. Po zewnętrznej stronie trzonu zastosowano standardowe pomosty samoczynnego wspinania ACS-R z ustawionymi na wózkach i otwartymi u góry deskowaniami. Dzięki specjalnie i indywidualnie skonstruowanym uchwytom wspinania, w obszarach zmieniającej się średnicy trzonu i zakotwień ortotropowych stropów, urządzenie formujące PERI ACS bezkolizyjnie pokonywało uskoki ścian i wspinało się samoczynnie bez użycia żurawia. Rozścielacz mieszanki betonowej zakotwiony bezpośrednio do jednej z platform ACS-P wspinał się również samoczynnie wraz z deskowaniami. Urządzenie ACS wyposażone było dodatkowo w schodnie systemu PERI UP o niespotykanej wysokości 65 m, pozwalające na bezpieczną komunikację pomiędzy poszczególnymi kondygnacjami budynku i będące jednocześnie drogami ewakuacyjnymi w trzonie.

Tygodniowy cykl wznoszenia jednej kondygnacji budynku Lakhta Tower oraz jego wysokość wymagały zapewnienia adekwatnego standardu bezpieczeństwa w trakcie wykonywania robót montażowych i żelbetowych. Na tę okoliczność Biuro



Rys. 5. Zwieńczeniem dostaw PERI na zakończenie wznoszenia drapacza chmur było specjalne urządzenie samoczynnego wspinania ACS formujące rdzeń iglicy. Wiejący wiatr i wyjątkowo trudne warunki pracy nie przeszkodziły wykonawcy wspinać się do „nieba” i utrzymać osiągnięte tempo wznoszenia budynku w cyklu jednego tygodnia na kondygnację. (fot. Mika Ronkainen)

Techniczne PERI Polska opracowało unikatowe rozwiązanie osłon zabezpieczających na bazie szynowego systemu wspinania RCS. Biorąc pod uwagę ekspozycję to-



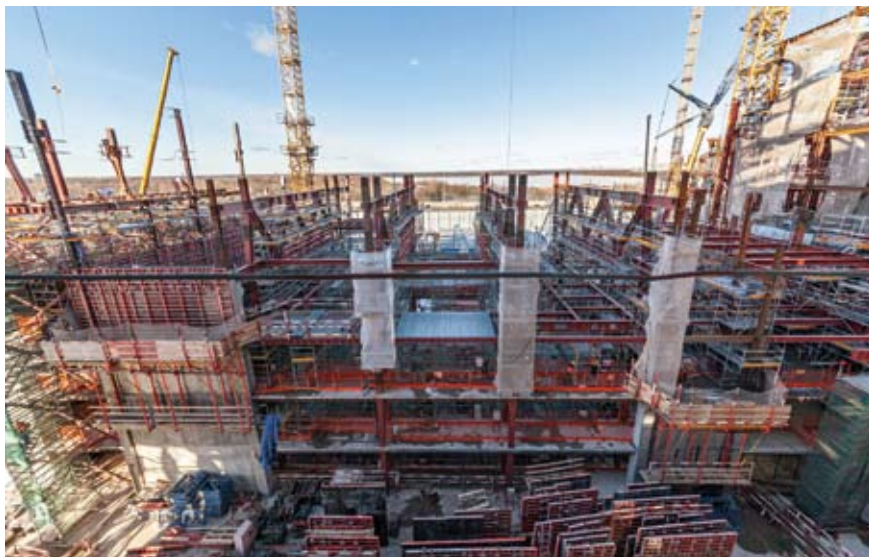
Rys. 6. Model spiralnego skrętu 15-powłokowej bryły budynku wysokościowego Lakhta Tower (rys. PERI GmbH)

pogroficzną budynku oraz zakres eksploatacji osłon, musiały one być zwymiarowane na maksymalne ciśnienie prędkości wiatru. Zaprojektowane przez polskich technologów PERI osłony RCS-P zabezpieczały obrys budynku i stanowiska pracy na wysokości trzech kondygnacji i wyposażone w hydrauliczny napęd wspinały się samoczynnie bez użycia żurawia do góry z kondygnacji na kondygnację po spiralnej trajektorii. Osłony RCS-P wyposażone były dodatkowo w specjalne teleskopowe skrzydła, dzięki czemu można było je mechanicznie zsuwać i rozsuwać przez cały czas użytkowania, utrzymując szczelne zabezpieczenie całego obrys budynku mimo zmieniającej się jego geometrii. W ten sposób wyeliminowano zjawisko robót na wysokości i robót szczególnie niebezpiecznych, skutecznie chroniąc cieśli, zbrojarzy, betoniarzy i monterów przed upadkiem z wysokości i działaniem wiatru i stwarzając optymalne warunki pracy. Osłony zabezpieczające RCS-P mocowano do ortotropowych stropów grubości 15 cm za pomocą specjalnych przegubowych uchwytów stropowych RCS, które umożliwiały płynną regulację wysunięcia podłużnego uchwytów w zakresie ± 44 cm. Zakres ten pozwalał na kontrolowaną zmianę przechylenia i kąta obrotu osłon konieczną w trakcie procesu wspinania. Dzięki temu osłony stały się okalającymi szczelnie obrys budynku, oscylując po linii śrubowej skomplikowanej geometrii fasady.

Zwieńczeniem inżynierii PERI przy wznoszeniu budynku wysokościowego Lakhta Tower było rozwiązanie deskowań formujących żelbetowy dwugłęziowy rdzeń iglicy budynku o średnicy zewnętrznej 6,12 m. Technolodzy polscy i rosyjscy PERI wspólnie skonstruowali urządzenie samoczynnego wspinania na bazie systemu ACS-G z podwieszonymi deskowaniami. Kolistą ścianą zewnętrzną gałęzi rdzenia o grubości 40 cm formowało deskowanie dźwigarowe VARIO GT 24 i VT 20, a ściany kwadratowego szybu wewnętrznej gałęzi rdzenia o przekroju wewnętrznym



Rys. 7. Dostawy PERI obejmowały również najróżniejsze rusztowania podporowe w budynku wielofunkcyjnym. Za pomocą rusztowania modułowego PERI UP Flex można było efektywnie przenosić duże obciążenia z dużych wysokości (fot. PERI GmbH)



Rys. 8. Kompleksowe rozwiązanie PERI obejmowało najróżniejsze rozwiązania desekowań i rusztowań podporowych, między innymi także przestawiane żurawie jednostki desekowania CB, deski ramowe TRIO i DOMINO oraz dopasowane do wymagań projektu platformy robocze dla budynku wielofunkcyjnego (fot. PERI GmbH)

1,4×1,4 m i grubości 20 cm wykonywano za pomocą ramowego desekowania TRIO. Urządzenie PERI ACS wyposażone w hydrauliczny napęd i w 4 poziomy pomostów roboczych pozwalało na sprawne za-

brojenie i zabetonowanie wyjątkowo ciasnego rdzenia w powtarzalnych sekcjach o wysokości 5,05 m, wspinając się bezpiecznie na szczyt mocno owiewanego budynku bez użycia żurawia.

Teren wielofunkcyjny: imponująca architektura i zróżnicowane przeznaczenie

Kompleks Lakhta oprócz budynku wysokościowego składa się z różnych budynków wielofunkcyjnych, obiektów rekreacyjnych, a także gigantycznego amfiteatru z widokiem na morze. Skomplikowany kształt tych obiektów wymagał między innymi zastosowania różnorodnych rusztowań podporowych i roboczych, a także zapewnienia dostępu do wszystkich stanowisk pracy. Szczególnym wyzwaniem było rusztowanie podporowe umożliwiające tymczasowe przeniesienie obciążeń z trzech ważących po 110 t stalowych dźwigarów kratowych o rozpiętości 36 m. Ponadto wiele innych, najróżniejszych elementów konstrukcji stalowej i stężeń wymagało zaprojektowania i dostawy tymczasowych podpór montażowych.

Na tę okoliczność przedsiębiorstwo PERI zaprojektowało i dostarczyło gros podporowych rozwiązań, głównie z wykorzystaniem modułowego rusztowania PERI UP Flex. Wzniesione i użyte rusztowania podporowe mierzyły do 33 m wysokości i przenosiły obciążenia do 45 kN na stojak. Ponadto rusztowania podporowe wyposażano w przenośne pomosty robocze umożliwiające łatwy i szybki montaż stalowych wiązarów. Zwieńczone rusztem z rygli SRU rusztowania zapewniały równomierną redystrybucję obciążeń w kierunku podłużnym i poprzecznym. Celem bezpiecznego przeniesienia wyjątkowo wysokich obciążeń z rusztowań podporowych, stropy niższych kondygnacji budynków podpierano dodatkowo zabezpieczającymi podporami MULTIPROP i PEP. Rusztowanie modułowe PERI UP ze zintegrowanymi schodnikami rozmieszczonymi wzdłuż zewnętrznej krawędzi budynku stanowiło bezpieczną komunikację pionową w obrębie wszystkich poziomów roboczych i zapewniało dostęp do wszelkich stanowisk pracy.

Interesujący film na temat tej budowy można znaleźć na YouTube pod adresem <https://www.youtube.com/watch?v=bK73qxJ9m8U>.

PERI Polska