

Nowe podejście do realizacji technologii podlewki o dużych objętościach na nowych obiektach fundamentów pod turbiny wiatrowe

prof. dr inż. Bogdan Nazarewicz, mgr inż. Wasyl Gutak, mgr inż. Witalij Wiliński,
Instytut Budownictwa i Ochrony środowiska, Politechnika Lwowska

1. Wprowadzenie

W obwodzie Mikołajowskim na Ukrainie realizowana jest przez światowego producenta wiatraków firmę Vestas Tyli-gulska farma wiatrowa o mocy 540 MW. W dotychczas wykonywanych fundamentach pod turbiny wiatrowe realizowanych przez firmę Vestas podlewki pod wieże, o znacznie większej wytrzymałości niż beton fundamentu, były wykonywane w cyklach, w których w ciągu 2 godzin zużywano od 1,0 do 1,8 m³ podlewki.

2. Studium przypadku

W obecnie realizowanym projekcie objętość podlewki przewidziana do wbudowania w jeden fundament, w ciągu 2 godzin, wynosiła około 5 m³. W związku z tym należało zaplanować zupełnie nowe podejście do wykonywania prac, związane głównie z zastosowaniem bardziej wydajnego sprzętu, który pozwoli na przygotowanie i wbudowanie tak dużej objętości podlewki w ciągu 2 godzin. Projekt farmy wiatrowej przewidywał wykonanie 83 turbin wiatrowych, na co przewidywano zużycie ponad 400 m³ podlewki. Do tej pory nikt na Ukrainie nie wykonywał takiej pracy o takich objętościach.



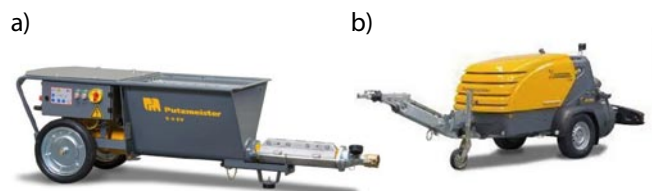
Rys. 1. Ogólny widok farmy wiatrowej (fot. autora)



Rys. 2. Ogólny widok fundamentu z miejscem, wypełnionym wodą, gdzie będzie wykonana podlewka (fot. autora)

Podlewkę należało umieścić w specjalnie przygotowanym rowku w uprzednio wykonanym fundamencie pod turbinę wiatrową (rys. 2).

Przygotowane podłoże betonowe pod wylanie podlewki musi być dokładnie nasycone czystą wodą. Zalecane jest rozpoczęcie nawilżania na 12 godzin przed wykonaniem podlewki. W tym czasie powierzchnia nie może wyschnąć. Przed nałożeniem zaprawy należy usunąć nadmiar wody z podłoża, szalunku i otworów. Podłoże powinno być matowowilgotne.



Rys. 3. Ogólny widok pomp do wykonywania podlewki: a) S5 EV: ciśnienie robocze – 25 barów, wydajność pompy ślimakowej – 0,4–2,4 m³/h, ciężar – 190 kg, b) P715 TD: ciśnienie robocze – 68 barów, wydajność pompy ślimakowej – 4 17,4 m³/h, ciężar – 1850 kg



Rys. 4. Ogólny widok budowy: a) widok lokalizacji niezbędnego sprzętu, b) lokalizacja pomp, c) mieszalniki potrzebnej objętości, V-1700 l każda

W 2021 roku na Ukrainie nie można było znaleźć gotowego zestawu sprzętu do takich robót, bo żadne specjalistyczne przedsiębiorstwo budowlane takiego sprzętu nie posiadało. Typowe pompy dla takich robót przedstawiono na rysunku 3.

Do realizacji projektów o objętościach podlewki od 1,0 do 1,8 m³ na jeden fundament autorzy wykonywali roboty podlewowe, stosując pompy podobne do pokazanych na rysunku 3a.

Generalnie ze względu na specyfikę mieszanki podlewowej – dużą lepkość, nie jest możliwe określenie z góry żadnego parametru urządzeń znanych producentów – parametry pracy maszyny określa się dla zwykłych zapraw i betonu. Oczywiście można było zastosować sprzęt z dużymi rezerwami mocy, ale w tym przypadku koszt np. samej pompy byłby równy kosztowi całej pracy.

Dlatego specjaliści firmy „Spetsbudizolu” (Lwów, Ukraina) opracowali optymalny zestaw sprzętu do tego zakresu prac, które rozpoczęły się 15 września 2021 roku.

Jako mieszalnika o potrzebnej objętości użyto i udoskonalono mieszalnik rolniczy (rys. 4c).

Każdorazowo prace rozpoczynały się w nocy, bo przy słonecznej pogodzie i wysokich temperaturach trudno było zapewnić odpowiednie warunki pracy.

Mieszanka podlewkowa dostarczana była w workach 25 kg. W celu skrócenia czasu potrzebnego na załadunek do mieszalnika, po uprzednim rozpakowaniu worków, mieszankę



Rys. 5. Przygotowanie miejsca podlewowego, przepompowanie wody

umieszczano w big-bagach. Załadunek odbywał się wózkiem widłowym, pakowanie materiału: 1 big-bag 500 kg na 1 partię. Wodę dozowano zgodnie z wymogami producenta. W toku wykonywania prac poprawiono niedociągnięcia w zestawie urządzeń, zwłaszcza w doborze pomp. Dostępny sprzęt pompujący nie zapewniał wymaganego czasu wykonania prac podlewowych poniżej 2 godzin. Wprowadzono także zmiany w konstrukcji napędów hydraulicznych. Dlatego też wymieniono pompę na nową, o wyższej wydajności. Była to najmocniejsza elektryczna pompa ślimakowa

Rys. 6. Wykonanie niezbędnych pomiarów parametrów technologicznych przed rozpoczęciem robót: a) pomiar temperatury, b) pomiar płynności metodą stożkową ASTM-C230



Rys. 7. Załadunek materiału



dostępna w linii producenta. Później ta pompa uległa awarii na etapie poniżej 20% wykonania prac projektowych, naszym zdaniem z powodu przeciążenia. Pompa została naprawiona na gwarancji (wymiana motoreduktora), ale to trwało dość długo, bo 20 dni. Ze względu na krótkie terminy i harmonogram prac zastosowano nową, już trzecią, jeszcze mocniejszą pompę.

Generalnie, jak pokazało nasze doświadczenie, pompa do podawania masy podlewowej musi być stosowana z dwukrotnie większą rezerwą mocy niż podane parametry dla zwykłego betonu droбноziarnistego. Sprzęt mieszający zapewniał bezawaryjną i niezawodną pracę przez cały czas.

W trakcie realizacji prac autorzy napotkali również problem, który do dziś nie został rozwiązany, pęknięcia w podlewce w okresie pierwszych 3–5 dni, których przyczyną, jak wskazuje producent, jest reakcja egzotermiczna w masie podlewki po stwardnieniu. Grubość podlewki osiąga 450 mm, szerokość 1000 mm. Dla niwelowania różnicy temperatur została zastosowana specjalna technologia pielęgnacji, która

oprócz zwilżania zabezpieczała fundament przed wychłodzeniem nawierzchni, a w efekcie przed zmniejszeniem różnicy temperatur pomiędzy masą wewnętrzną fundamentu a podlewką, co powodowało pęknięcia (rys. 9).

3. Podsumowanie

Jak widać z powyższego materiału, w praktyce możliwe jest zrealizowanie trudnego zadania budowlanego bez posiadania specjalnego, drogiego sprzętu, ale zgodnie z technologią wykonania.

W 2018 roku wykonano w ten sposób 45 fundamentów pod wiatraki, a od lutego 2022 r. prace zostały wstrzymane – wojna (Rosja zaatakowała Ukrainę).



Rys. 8. Pompa śrubowa z napędem hydraulicznym, za pomocą której materiał był dostarczany na miejsce montażu (fot. autora)



Rys. 9. Pielęgnacja wykonanej podlewki: a) ocieplenie matami, b) lokalizacja dodatkowych przewodów grzejnych (fot. autora)