

**Jan Artymiuk\*, Stanisław Bednarz\***

**ZNACZENIE POMIARU SIŁ NAPINAJĄCYCH  
W LINACH ODCIĄGOWYCH MASZTU  
DLA JEGO BEZPIECZNEJ EKSPLOATACJI\*\***

Konstrukcje nośne urządzeń wiertniczych: wieże i maszty, to najbardziej odpowiedzialne elementy przy prowadzeniu prac związanych z wierceniem i obsługą otworów wiertniczych. Już na etapie projektowania konstruktorzy uwzględniają pewien zapas bezpieczeństwa między maksymalnym naprężeniem dopuszczalnym i minimalną wyszczególnioną granicą plastyczności materiału, z którego dana konstrukcja jest wykonywana. Dla każdej konstrukcji masztu należy określić parametry znamionowe dla założenia obciążeń projektowych [3]. Konstrukcje należy tak zaprojektować, aby spełniały lub przewyższały stawiane im wymagania. Przyjmowane parametry znamionowe nie uwzględniają udarów. Występowanie przyspieszeń, udarów, oddziaływanie odstawnego przewodu oraz obciążenia spowodowane wiatrem powodują obniżenie znamionowego obciążenia haka w warunkach statycznych. Wieże wiertnicze są konstrukcjami znacznie bardziej statecznymi w porównaniu z masztami. W tej kategorii konstrukcji nośnych najmniej stateczne są maszty pochylone teleskopowe (rys. 1), wymagające stabilizujących odciągów.

Stateczność maszty zawdzięczają stabilizującym linom odciągowym, których odpowiednie rozmieszczenie i napięcie powinno zapewnić prawidłowe funkcjonowanie masztu podczas prac wyciągowych. Norma [1] zaleca stosowanie olinowania odciągowego (rys. 2), którego zastosowanie powinno zapewnić bezpieczną eksploatację.

Aby poznać znaczenie lin odciągowych w utrzymaniu stateczności masztu, należy określić, które obciążenia są najbardziej niebezpieczne dla utraty stateczności. Żeby odpowiedzieć na to pytanie, należy przypomnieć, jakie obciążenia mogą oddziaływać na maszt z linami odciągowymi.

---

\* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

\*\* Praca wykonana w ramach badań własnych WwNiG AGH



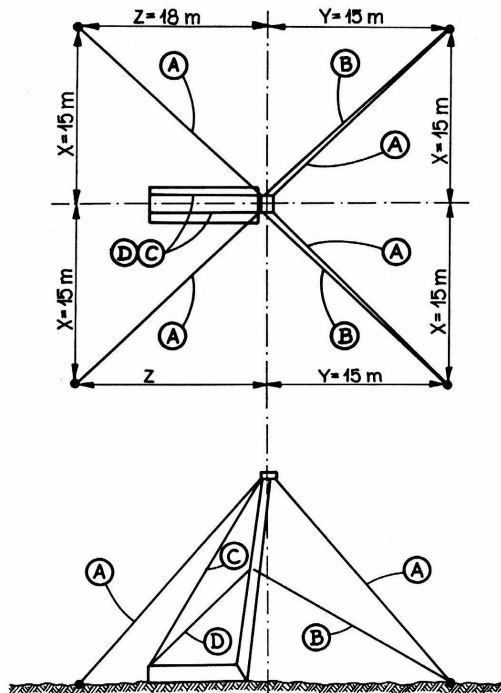
**Rys. 1.** Maszt teleskopowy MT-21/1 urządzenia wiertniczego Cooper LTO 150

Na maszt z linami odciągowymi mogą oddziaływać następujące obciążenia:

- a) obciążenia robocze (bez uwzględniania obciążeń wiatrem), na które składają się kombinacje następujących obciążeń:
  1. maksymalne znamionowe obciążenie haka w warunkach statycznych, w połączeniu z obciążeniami liną wielokrażkową oraz liną martwą dla każdego ze stosowanych schematów olinowania;
  2. ciężar własny zestawu masztu;
  3. pozioma i pionowa składowa obciążeń w linach odciągów;
- b) obciążenie wiatrem, na które składa się kombinacja następujących obciążeń:
  1. obciążenie związane z maksymalną znamionową prędkością wiatru, bez uwzględnienia obciążeń spowodowanych odstawnym przewodem;
  2. obciążenie masztu przy pełnym obciążeniu odstawnymi rurami określone dla maksymalnej znamionowej prędkości wiatru;
  3. obciążenie poziome mostka wieżowego określone przy założeniu maksymalnej znamionowej prędkości wiatru dla masztu z pełnym obciążeniem podbudowy przez odstawione rury;
  4. ciężar własny zestawu masztu;
  5. pozioma i pionowa składowa obciążeń w linach odciągów;

- c) obciążenia występujące przy podnoszeniu masztu (przy założeniu braku obciążeń wiatrem), na które składa się kombinacja następujących obciążeń:
1. siły wywierane na maszt i konstrukcję podbudowy spowodowane podnoszeniem lub opuszczaniem masztu:
    - od położenia poziomego do położenia roboczego,
    - od położenia roboczego do położenia poziomego,
  2. ciężar własny zestawu masztu;
- d) obciążenia spowodowane linami odciągowymi:
1. maksymalne wartości pionowych i poziomych sił reakcji wywołanych obciążeniami, obejmującymi również ciężar własny, w linach odciągowych;
  2. ciężar własny zestawu masztu.

Z wymienionych wyżej obciążeń najbardziej niebezpieczne są te, które będą się sumować w konfiguracji maksymalnych obciążeń. Można tutaj zestawić różne przypadki, możliwe do wystąpienia. Będą one mieć wpływ na wywoływanie składowych sił pionowych i poziomych występujących w poszczególnych linach odciągowych. Warunkiem zapewniającym stateczność konstrukcji masztu podczas działania największych sumarycznych obciążeń jest jednakowa wartość napięcia występująca w poszczególnych parach lin odciągowych, tj. A, B C i D (rys. 2) w płaszczyznach prostopadłych do osi symetrii podłużnej urządzenia wiertniczego, określona przez producenta.



Rys. 2. Rozmieszczenie lin odciągowych

Obszar naszego kraju jest zaliczony do tzw. III strefy klimatycznej, w której występują silne wiatry mogące swoim parciem naruszyć stateczność konstrukcji masztu. Liny odciążowe powinny utrzymać konstrukcję masztu w pozycji pracy nawet przy silnych podmuchach wiatru. Spełniają one właściwie swą rolę pod warunkiem przestrzegania postanowień zawartych w Dokumentacji Techniczno-Ruchowej (DTR) producenta, a w szczególności w zakresie:

- średnicy i parametrów wytrzymałościowych,
- usytuowania punktów kotwienia względem osi otworu,
- naciągu w linach i jego kontroli,
- wartości wytrzymałości kotew,
- wytrzymałości połączeń lin z punktami kotwienia.

Utrzymanie naciągu o wymaganej wartości zależy w dużym stopniu od pewności działania dwóch ostatnich ww. czynników. Badania przeprowadzone podczas przeprowadzania próby obciążeniowej masztu teleskopowego MT-21/1 urządzenia wiertniczego Cooper LTO 150 pokazały, o ile może zmienić się napięcie w linach odciążowych z tytułu przyłożenia obciążenia na haku [1]. Maszt, który był poddany próbie obciążeniowej, to lekka stalowa konstrukcja przewoźna, teleskopowa, przeznaczona do wykonywania prac wyciągowych. Maszt w pozycji pracy posiada nachylenie  $\sim 3^{\circ}$  w stronę otworu wiertniczego. Maszt podtrzymywany jest przez liny odciążowe, które są częścią konstrukcji układu nośnego. W czasie eksploatacji przenoszą część obciążeń roboczych, dlatego przestrzeganie zalecanych wartości sił napinających liny odciążowe podczas próby obciążeniowej spełnia ważną rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa pracy masztu. Dla badanego masztu przyjęto układ lin odciążowych pokazany na rysunku 2. Liny kotwiące zostały zaopatrzone w śruby rzymskie do regulacji siły napięcia.

Zalecane średnice lin kotwiących (odciążowych), siły napięcia oraz nośność kotew przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1**

Siły w linach odciążowych kotwiących

Lina kotwiąca	Średnica liny, mm (cal)	Siła napięcia liny, kN	Nośność kotwy, kN
A	16 (5/8)	4,5	75-105
B	14 (9/16)	2.25	75-105
C	22 (7/8)	6.5	
D	16 (5/8)	4.5	

Mocowanie lin odciążowych kotwiących do kotew przy pomocy śrub rzymskich, kausz i zacisków kabłąkowych zostało dokładnie sprawdzone, aby nie wystąpiło nagłe poluzowanie liny.

Przed przyłożeniem obciążenia na haku dokonano pomiarów i regulacji napięć w poszczególnych linach odciążowych przy pomocy dynamometru, typ MW 200L będącego na

wyposażeniu LBAUWiE Wydziału WNiG AGH (rys. 3), przystosowanego do pomiaru napięcia w linach odciągowych  $\varnothing 16$  mm,  $\varnothing 18$  mm,  $\varnothing 22$  mm i  $\varnothing 25$  mm. Po sprawdzeniu mocowania wszystkich elementów podlegających obciążeniu, przystąpiono do próby obciążeniowej wg przyjętego programu (tab. 2).



**Rys. 3.** Pomiar napięcia w linie odciągowej

**Tabela 2**

Próbne obciążenia masztu urządzenia wiertniczego Cooper LTO 150

Faza	Obciążenie na haku kN	Czas trwania fazy próby min	Napięcie w linie odciągowej lewej kN	Napięcie w linie odciągowej prawej kN
1	0	0	4,5	4,5
2	293,6 (66 600 lbf)	10	5,91 (603 kG)	5,83 (595 kG)
3	0	15	5,3 (545 kG)	5,24 (534 kG)
4	0	–	4,5	4,5
5	402,6 (90 500 lbf)	10	7,78 (793 kG)	7,53 (768 kG)
6	0	15	4,25 (433 kG)	4,20 (428 kG)
7	0	–	4,5	4,5
8	442,6 (99 500 lbf)	10	8,33 (849 kG)	8,36 (852 kG)
9	0	15	4,22 (430 kG)	4,36 (445 kG)
10	0	–	4,5	4,5

Po każdym zdjęciu obciążenia na haku dokonywano pomiaru napięcia w parze tylnych lin odciągowych biegnących od korony masztu do kotew ziemnych i regulowano napięcie do wymaganej wartości 4,5 kN. Pomiary wykazały, że w wyniku obciążania haka układ stabilizacyjny masztu ulega rozregulowaniu w wyniku zmiany wartości napięcia w linach odciągowych. Stąd wniosek, że po pewnym czasie pracy urządzenia należy dokonywać pomiarów napięć w linach odciągowych i przeprowadzać regulację napięć do wymaganych wartości, aby przy obciążeniach haka, szczególnie bliskim maksymalnym, można było bezpiecznie prowadzić prace wiertnicze.

## PODSUMOWANIE

Pomiary wykazały, że napięcie w linach odciągowych ulega zmianie w wyniku obciążania haka. Problem jest bardziej złożony. Przyłożenie obciążenia na haku powoduje również odkształcenia w fundamentowaniu, w kotwieniu, zmiany geometryczne w połączeniach sworzniowych i innych, samych lin i ich połączeń, itp. Niezależnie od wymienionych odkształceń, największy wpływ w czasie eksploatacji konstrukcji masztu można wywierać na napięcia w linach odciągowych, bo poprawianie fundamentowania, kotew czy też połączeń jest bardzo utrudnione. Znaczenie tej kontroli jest w obecnym czasie tym bardziej istotne, że w wiertnictwie krajowym i światowym użytkowane są urządzenia i maszty o długim czasie eksploatacji. Dlatego tę czynność aczkolwiek pracochłonną powinno się po montażu urządzenia dokładnie wykonywać.

## LITERATURA

- [1] *Ocena stanu technicznego i przydatności urządzenia wiertniczego Cooper LTO-150.* Praca wykonana na Wydziale Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Laboratorium Badań Atestacyjnych Urzędzeń Wiertniczych i Eksploatacyjnych. Kraków, 2008
- [2] API RP 4G Recommended Practice for Use and Procedures for Inspection, Maintenance, and Repair of Drilling and Well Servicing Structures (with June 2004 and April 2005 Errata)
- [3] PN-EN ISO 13626:2006. *Przemysł naftowy i gazowniczy. Wyposażenie do wierceń i eksploatacji. Konstrukcje wiertnicze oraz konstrukcje do obsługi odwiertów*