

Jan Artymiuk*, Stanisław Bednarz*

**BEZPIECZEŃSTWO A EFEKTYWNOŚĆ
URZĄDZEŃ WIERTNICZYCH I EKSPLOATACYJNYCH
– NOWE KONSTRUKCJE I OGRANICZENIA****

1. WPROWADZENIE

Jak ważna jest efektywność produkcji i jak ważne jest efektywne wykorzystanie zasobów naturalnych ziemi, nikogo nie trzeba przekonywać. Postęp techniczny sprawia, że ww. aspekty możemy realizować coraz skuteczniej. Stosując nowoczesne technologie i wykorzystując coraz nowocześniejszy sprzęt wiertniczy i wydobywczy jesteśmy coraz bardziej wydajniejsi, szybciej i skuteczniej realizujemy zadania inwestycyjne. Coraz większa efektywność nowego sprzętu do poszukiwania i wydobywania surowców mineralnych wpływa na postęp w pracach poszukiwawczych i wydobywczych. Metody wiertnicze to obecnie najpowszechniejsza metoda poszukiwań nowych złóż. Nowe konstrukcje sprzętu wiertniczego pozwalają na coraz skuteczniejsze i efektywniejsze sięganie do złóż dotychczas nieosiągalnych przy pomocy przestarzałych jednostek. Istnieje niekiedy przekonanie, że występuje konflikt między bezpieczeństwem i efektywnością operacji wiertniczych. Praktyka przemysłowa wymaga efektywności, ale konsensus oczekiwań załogi, właścicieli, akcjonariuszy, operatorów i nadzoru państwowego oraz społecznego zapewnienia bezpieczeństwa i nieszkodzących środowisku operacji jest niezbędny i nieunikniony. Te dwa aspekty mają swój początek w fazie projektowania. Każdy projekt uwzględniać powinien nawet w najmniejszych elementach i etapach wymóg zapewnienia zarówno bezpieczeństwa jak i efektywności. Przy czym można tu przypomnieć, że pod tym ostatnim pojęciem zgodnie z wymaganiami zarządzania jakością wg PN EN-ISO 9000:2009 należy rozumieć „relację między osiągniętymi wynikami a wykorzystanymi zasobami” i odróżniać od skuteczności oznaczającej „stopień, w jakim planowane działania są zrealizowane i planowane wyniki osiągnięte”.

* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

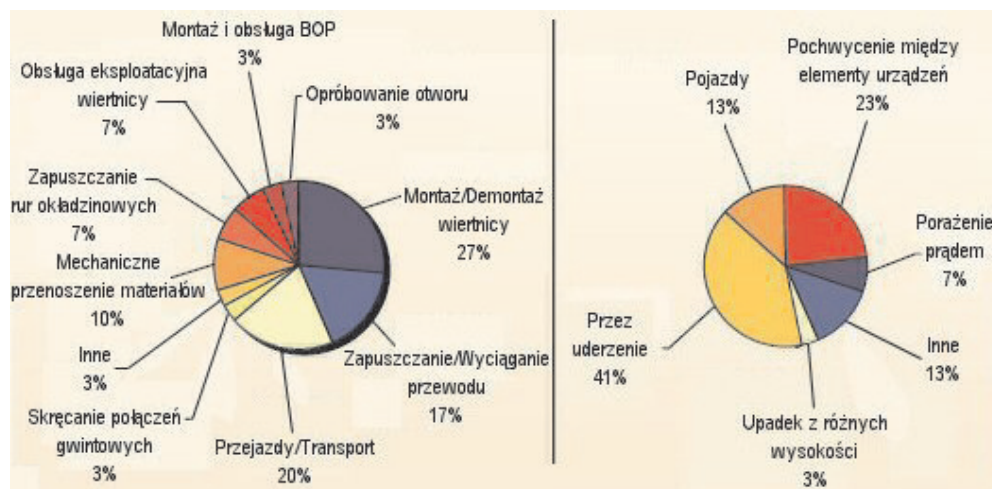
** Praca wykonana w ramach badań statutowych nr 11.11.190.01

2. PROBLEMY BEZPIECZEŃSTWA W EKSPLOATACJI URZĄDZEŃ WIERTNICZYCH I EKSPLOATACYJNYCH

Nowe procedury operacyjne w coraz większym stopniu obejmują dostępne technologie do optymalizacji bezpieczeństwa i efektywności równocześnie. Jest to także element uwzględniany w programach szkoleniowych i systemie zarządzania HSE (*Health, Safety and Environment*). Pewne koszty związane z tymi obszarami powinny być dzielone z operatorami ułatwiając poprawę efektywności operacyjnej. Powinno to tworzyć odpowiedzialność wszystkich zainteresowanych w górnictwie ropy i gazu i tym samym zapewnić oczekiwane korzyści wszystkim [9].

Na podstawie statystyki wypadków opracowywanej systematycznie przez IADC (*International Association of Drilling Contractors*) okazuje się, że 27% wypadków śmiertelnych powstaje podczas montażu i demontażu urządzenia, natomiast 40% wypadków LTI (*Lost Time Incidents*) w 2009 r. dotyczyło pracowników operujących w wieży wiertniczej. Stanowili oni także ok. 38% zarejestrowanych zdarzeń niebezpiecznych (*Recordable Incidents*).

Na wykresach (rys. 1) przedstawiono zależność liczby wypadków powstałych w roku 2009 w światowym wiertnictwie od rodzaju, miejsca powstania, maszyny/sprzętu oraz od operacji wykonywanych przez załogi [11].



Rys. 1. Wypadki śmiertelne powstałe w światowym wiertnictwie w 2009 r., w zależności od czynności/operacji [11]

Z wykresów wynika, że ponad 50% wypadków związanych było z rurami wiertniczymi i wyrobami rurowymi. Ponadto najczęściej do wypadków dochodzi podczas operacji zapuszczania/wyciągania. Wykresy te pokazują, które operacje oraz podzespoły wymagają poprawy bezpieczeństwa. Wskaźnik wypadkowości LTI powodujących niezdolność do

pracy powyżej jednego dnia w 2009 r. wynosił 0,37 (na 200 000 roboczogodzin) i był mniejszy niż w roku poprzednim, a wskaźnik rejestrowanych zdarzeń niebezpiecznych REC wyniósł 1,22 i także był wyraźnie mniejszy niż w roku poprzednim.

3. WYMAGANIA

Systematycznie w wiertnictwie na przestrzeni lat rosną wymagania dotyczące wydajności podzespołów:

- rosnąca wydajność/udźwig/moc wyciągu wiertniczego,
- rosnące ciśnienie pomp płuczkowych,
- rosnąca moc silników wgłębnych,
- mniej obsługi eksploatacyjnej,
- szybsze przejście do wiercenia następnego otworu,
- zwiększone bezpieczeństwo eksploatacyjne.

Dobór podzespołów pod względem przenoszonych obciążeń, mocy i charakterystyki technicznej jest przedmiotem działania kadry inżynierskiej i zaplecza technicznego.

Do wymagań/ograniczeń należą także poniższe problemy.

Wymiary transportowe i ciężary w warunkach krajowych stanowią w wielu przypadkach kryterium, które jest brane w największym stopniu pod uwagę spośród innych przy rozpatrywaniu ofert zwłaszcza na dostawę urządzenia do prac rekonstrukcyjnych na odwiertach, lekkich prac wiertniczych, a także do obsługi odwiertów.

Ograniczenia te w kraju to następujące wartości parametrów:

długość pojazdu członowego	– 16,5 m,
szerokość	– 2,5 m,
wysokość	– 4,0 m,
nacisk na oś	– 10 t,
nacisk osi tandem	– 16 t,
masa całkowita	– 42 t.

Należy je sytuować nieco poniżej średniego poziomu wśród krajów europejskich, przy różnicowaniu szerokości od 2,5 m do 2,6 m i masy całkowitej od 36 t do 53 ton. Transport kontenerowy w niektórych krajach objęty jest nieco wyższymi dopuszczalnymi limitami ciężarowymi. W przypadku przekroczonych limitów należy planować koszty na wykup zezwoleń o krótszych lub dłuższych okresach ważności.

Duże osiągnięcia w modułowej budowie urządzeń wiertniczych stawiają to kryterium na bardzo wysokiej pozycji także w odniesieniu do urządzeń klasy ciężkiej. Przykładem takich urządzeń o budowie kontenerowej są urządzenia Huisman oraz Drillmec, Bentec, Sense EDM, AkerSolutionsTM [1, 2, 4, 5, 6, 8].

Dla przykładu urządzenie wiertnicze Huisman LOC 400 o udźwigu na haku 360 T jest podzielone na 19 kontenerów 40-stopowych i 7 kontenerów 20-stopowych. Moduły te wymagają placu pod urządzenie wiertnicze (nie wiertnię) o powierzchni 1100 m². Demontaż i montaż urządzenia wymaga łącznie półtorej doby. Prędkość zapuszczania rur z wykorzystaniem automatycznego systemu manewrowania rurami wynosi 490 m w ciągu godziny.

Urządzenie Bentec EURO RIG 350 mt o budowie modułowej i udźwigu 350 Ton, dostarczane z napędem spalinowo-elektrycznym DC lub AC (+VFD) jest transportowane z wyposażeniem sześćdziesięcioma ciężarówkami mieszczącymi się w europejskich limitach gabarytowo-masowych. Zabudowa jego wymaga placu 40 × 55 m. W odległości 100 m od wiertnicy natężenie hałasu nie przekracza 55 dBA.

Urządzenie Sense EDM 500K R&P o budowie modułowej i udźwigu 500 000 lbf (226,8 ton) można zamówić z pełnym systemem manewrowania rurami z dowolnym napędem nawet oddalonym znacznie od urządzenia (w przypadku zasilania generatorami – dochodzi jeszcze problem obniżenia hałasu w terenie zabudowanym), czasem montażu podstawowej jednostki w ciągu ośmiu godzin. Jednostka zapewnia również opcjonalnie technologię Snubbing, Under Balanced Drilling i Coiled Tubing [4].

Pewnego rodzaju ograniczeniem związanym z konstrukcją urządzenia i koniecznością oceny ryzyka zawodowego, jak również do realizacji polityki bezpieczeństwa i ochrony zdrowia załogi, jest poziom hałasu i drgań. Dopuszczalne poziomy hałasu i drgań regulują odpowiednie przepisy.

Prędkość wyciągania i zapuszczania (OWZ) to jedno z istotnych kryteriów, którego ograniczenie w czasie danej operacji wiertniczej może być ograniczeniem od góry. Operacje wyciągania-zapuszczania, niezależnie od uzbrojenia wylotu otworu, często połączone są z utrudnieniami w postaci szczelinowania skał w ścianie otworu, zaniku płuczki, obwałów, niespodziewanych przypiływów płynu złożowego do otworu itp. Ilość przypiływów podczas OWZ nie jest mniejsza niż podczas samego wiercenia. Zjawiska te w szeregu przypadków powstają wskutek niedopuszczalnych ciśnień hydrodynamicznych wywołanych ruchem kolumny przewodu wiertniczego w płynie wypełniającym otwór wiertniczy. Powstanie erupcji płynu złożowego w wiertnictwie podczas operacji wyciągania-zapuszczania przewodu wiertniczego wynika na ogół ze zbyt dużej prędkości przewodu [10]. Ten parametr należy do zakresu eksploatacji urządzenia, ale także warto o nim pamiętać.

Poza ograniczeniami mającymi swe źródło w technicznych parametrach występują także ograniczenia natury polityczno-środowiskowej, jak np. moratorium na wiercenia głębokowodne w Zatoce Meksykańskiej do 30 listopada 2010 r., u którego podstaw leżała erupcja na platformie Deepwater Horizon 20 kwietnia 2010 roku.

4. WPŁYW CZYNNIKÓW KONSTRUKCYJNYCH I INNYCH NA EFEKTYWNOŚĆ I EKSPLOATACJĘ URZĄDZEŃ WIERTNICZYCH I EKSPLOATACYJNYCH

Ważne znaczenie ma rozpoznanie możliwych czynników mających wpływ na efektywność i eksploatację (w tym na bezpieczeństwo, trwałość i niezawodność urządzeń).

W poprzednim okresie inżynieria zaplecza technicznego była traktowana jako jeden z mniej ważnych elementów w schemacie realizacji projektów wiertniczych. Obecnie wobec postępującej złożoności urządzeń i instalacji sprzętu rośnie znaczenie kadry konstrukcyjno-technologicznej oraz personelu inżynieryjnego energomechanicznego w efektywności operacji wiertniczych. Oznacza to także, że pracownicy technicznego wyposażenia, utrzymania ruchu mają znaczący wpływ na koszty, efektywność, zyskowość, trwałość urządzeń oraz przyszłą wydajność.

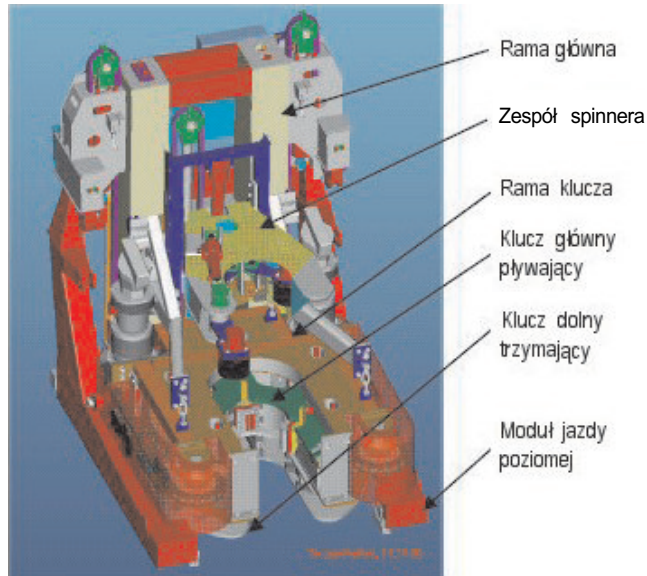
Główne zadanie w zakresie produkcji i eksploatacji urządzeń można ująć w kilku stwierdzeniach:

- uzyskać gotowość urządzeń do wykonania programu produkcyjnego,
- zapewnić, że urządzenia mają znamionową wyspecyfikowaną wydajność,
- zapewnić, że nie ulegną awarii.

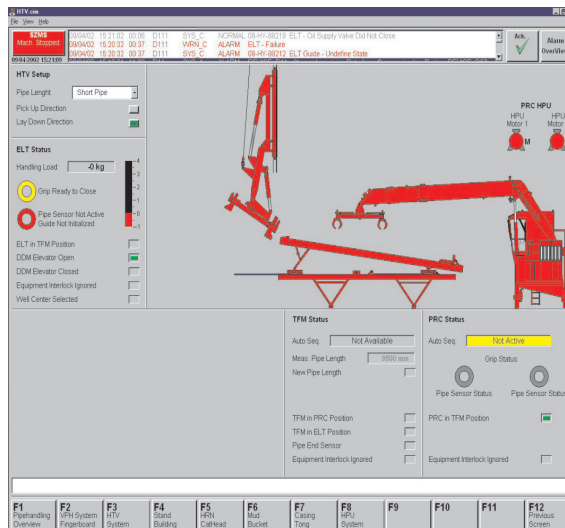
Wyzwaniem jest, jak to osiągnąć, ponosząc minimalne koszty. Uszkodzenia i awarie powstają przypadkowo, wywołują konieczność poniesienia kosztów w organizacji/przedsiębiorstwie.

Jednym ze sposobów uzyskania poprawy jest zwiększenie stopnia mechanizacji i automatyzacji tych podzespołów i operacji, które stanowią o bezpieczeństwie pracy i wydajności urządzenia. Zwiększenie mechanizacji urządzeń w głównej mierze jest skierowane na odsunięcie członków załogi od najbardziej niebezpiecznych operacji stwarzających największe zagrożenie. Temu celowi służy także automatyzacja. Cały szereg udoskonaleń w ostatnich latach takich jak: automatyczny system manewrowania rurami, klucze hydrauliczne, urządzenia do podawania i odkładania pasów przewodu wiertniczego, urządzenie do zapuszczania rur okładzinowych i eksploatacyjnych, zastępujące pomost do rurowania, system szybkiego stawiania podbudów i masztów, dotyczy zmniejszenia zagrożeń związanych z forsowną pracą ludzi w bardzo zagęszczonej i ograniczonej przestrzeni [11] – gdyż czynności związane z manewrowaniem rurami zajmują jedną czwartą czasu wiercenia.

Elewatory klinowe do rur okładzinowych wprowadzono w 1924 r., a powietrzne i hydrauliczne klucze do skręcania/rozkrećania rur wiertniczych w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku. Hydrauliczny klucz HRN (Hydralift NOV) do skręcania/rozkrećania rur, obciążników i innego sprzętu jak: narzędzia wiertnicze, stabilizatory i łączniki o średnicach od $2\frac{7}{8}$ " do $9\frac{3}{4}$ " włącznie operuje na podłożu w wieży w strefie stołu wiertniczego oraz otworu bocznego i pomocniczego. Automatyczny klucz dostarczany przez Aker Solutions (rys. 2) [7] (produkowany w znacznej części przez Zakład Urządzeń Naftowych „Naftomet” w Krośnie oparty jest na napędzie hydraulicznym i zapewnia maksymalny moment skręcania wynoszący 169 kNm (125 000 lbf ft), a przy rozkręceniu dysponuje maksymalnym momentem równym 135 kNm (100 000 lbf ft). Skok pionowy klucza roboczego wynosi od 0,7 m do 1,5 m. Maksymalna prędkość obrotowa w przypadku rur $5\frac{1}{2}$ " wynosi od 0 do 160 obr/min. Odchylenie przy obsłudze przewodu w bocznym otworze wynosi od 0 do 5° . Klucz o masie ok. 6000kg (w zależności od modelu) przemieszcza się po szynach o rozstawie 1,85 m i może być sterowany radiowo z pulpitu zdalnego.



Rys. 2. Automatyczny klucz do skręcania rur okładzinowych, wydobywczych i przewodu wiertniczego [7]

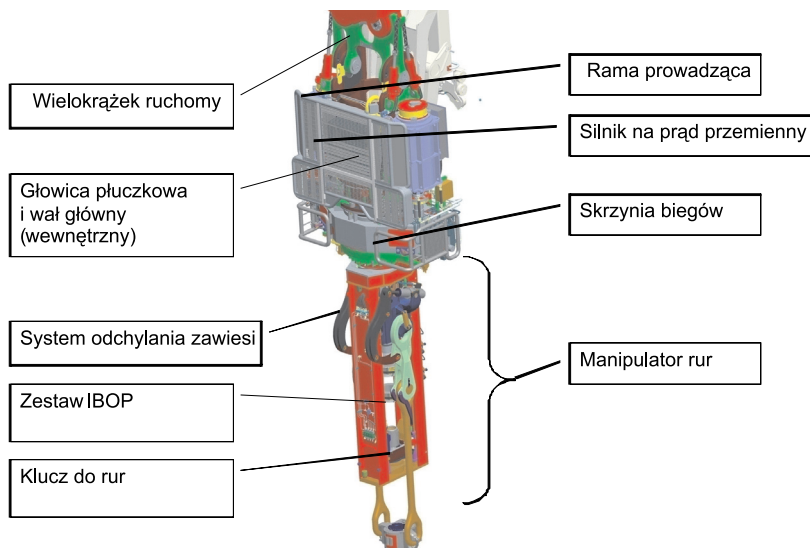


Rys. 3. Wielofunkcyjny manipulator systemu automatycznego manewrowania rurami [6]

Wielofunkcyjne manipulatory (rys. 3) ułatwiają pracę na podłodze w wieży wiertniczej zwiększając bezpieczeństwo. Naprowadzają spód rury pobranej z wrót wieży do osi otworu w tym także kolumny riser i pozwalają podnieść elementy dolnej części przewodu

wiertniczego (BHA). Może być uzbrojony w różnego rodzaju narzędzia. Nośność manipulatora wynosi 5000 kg, obrót o $\pm 90^\circ$, masa – 4790 kg [6].

Znaczny udział w przestojach spowodowanych uszkodzeniem urządzenia wiertniczego ma w dalszym ciągu głowica obrotowa (Top Drive) (rys. 4), której wykorzystanie poprawiło bezpieczeństwo operacji wiertniczych. Wiąże się to ze stopniem skomplikowania tej wielofunkcyjnej maszyny, poddanej działaniu dynamicznych obciążeń w czasie wiercenia i w czasie operacji wyciągowych. Zwiększenie niezawodności mechanizmów tej maszyny jest ciągle ważnym celem konstruktorów urządzeń wiertniczych [8].



Rys. 4. Głowica obrotowa MDDM 1250 – budowa [2, 10]

Układ płuczkowy wymagający ładowania chemikaliów, mieszania płuczki i manewrowania przepływami objęty zaawansowaną mechanizacją i automatyzacją daje lepszą jakość płuczki, poprawia ekonomikę mieszania i zmniejsza ilość odpadów.

Podstawową trudnością w szybkiej automatyzacji urządzeń i operacji wiertniczych są koszty projektów, wytwarzania i utrzymania oraz posiadania personelu wysoko wyspecjalizowanego w operowaniu i eksploatacji tych systemów.

Komputerowe systemy pomiarów, zbierania, rejestracji danych, kontroli i sterowania oraz wspierania decyzji nadzorującego personelu [3] stanowią narzędzie zwiększające bezpieczeństwo poprzez m.in. wysyłane sygnały i alarmy dotyczące np. przychwyczonego przewodu, przyływu płynu złożowego. Poprawia się równocześnie efektywność zdobywania doświadczenia przez personel i optymalizacja technologii.

Zmniejszenie liczby ludzi pracujących dzięki automatyzacji to w dalszym ciągu trudny do osiągnięcia cel, np. nie jest potrzebny jeden pomocnik na stole, ale potrzebny jest technik elektronik. Dzisiejszym wyzwaniem jest zwiększenie niezawodności istniejących zautomatyzowanych systemów, zanim będzie możliwy powszechny następny krok w automatyzacji.

Duże nadzieje związane są z wdrożeniem hydraulicznego układu wyciągowego jedno- lub dwusiłownikowego wprowadzonego przez Maritime Hydraulics [8], zastępującego wyciąg z linowym układem wielokrążkowym (rys. 5). Uzyskanie dużego udźwigu użytkowego siłowników przy małej masie własnej i niezawodność systemu sterowania jest także dużym wyzwaniem dla konstruktorów i producentów.



Rys. 5. Nowoczesna platforma wiertnicza z podwójnym hydraulicznym masztem typu Dual RamRig™ przeznaczona do wierceń przy dużych głębokościach wody [10]

Technologia SNUBBING wymaga urządzeń, które pozwalają prowadzić prace wiertnicze, a szczególnie rekonstrukcyjne wymagające wywoływania nacisku systemem wyciągowym. Taki nowoczesny system prezentuje urządzenie firmy SENSE EDM. W tym urządzeniu zastosowano zębatkowy system wyciągowy – głowica obrotowa za pomocą

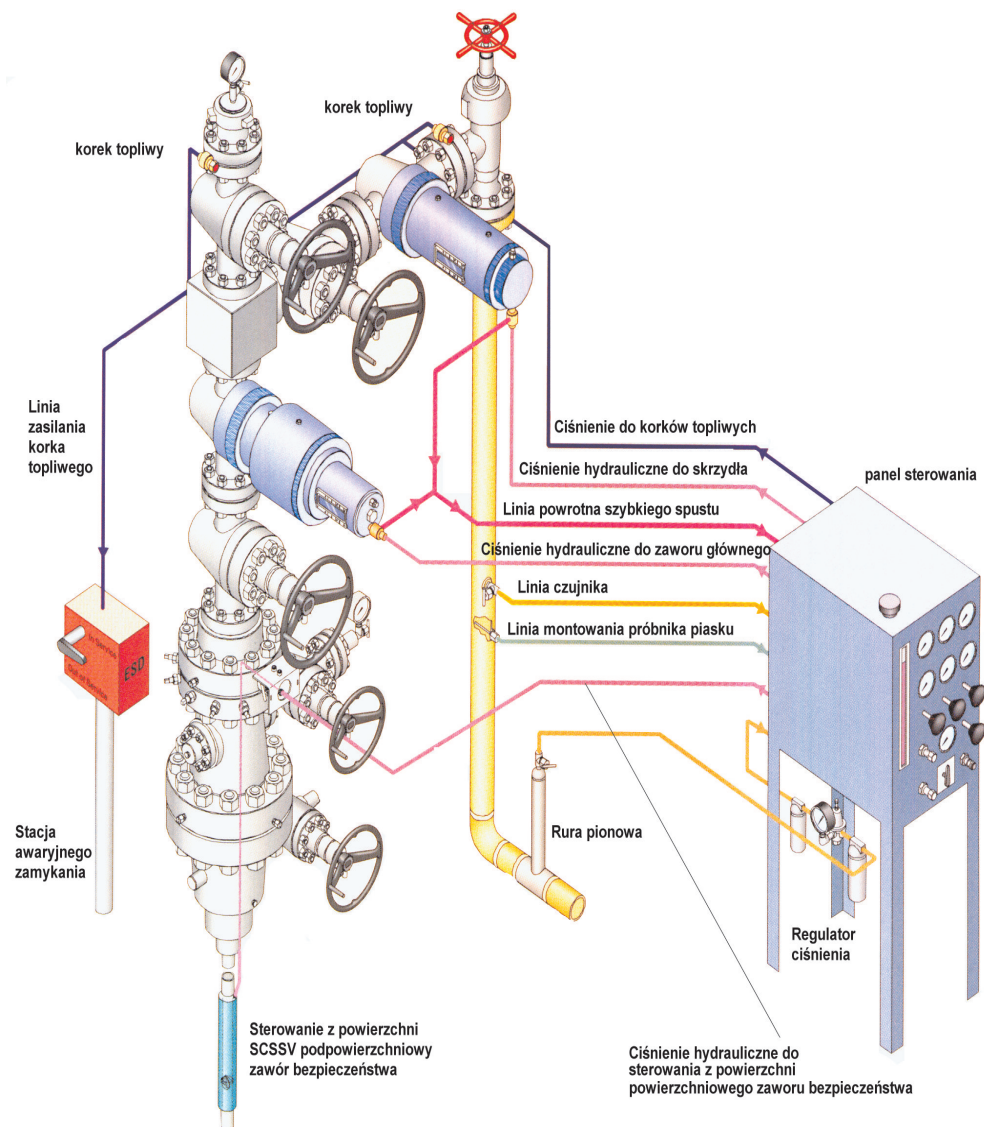
napędu umieszczonego w ramie jezdnej przesuwa się po zębatych listwach słupowego masztu. Urządzenie 500K R&P jest wyposażone w automatyczny system manewrowania rurami oparty na jednym wielofunkcyjnym manipulatorze (rys. 6) [4].



Rys. 6. Urządzenie do wiercen i rekonstrukcji odwiertów nowej generacji [4]

Znaczącym krokiem w modernizacji urządzeń wiertniczych jest napęd elektryczny oparty na prądzie przemiennym AC. Wskutek poszukiwania oszczędności energii elektrycznej oraz rozwoju technologii wymagających precyzyjnego sterowania napędami

wprowadzono przemienniki częstotliwości VFD. W napędach podzespołów urządzenia pozwalają na bezstopniową regulację prędkości i momentu obrotowego. Przemienniki częstotliwości są najczęściej używane do regulacji prędkości obrotowej silników prądu przemiennego, przez równoczesną zmianę wartości napięcia i częstotliwości. Zwiększa się tym samym ich elastyczność i dostosowanie do wymagań technologii wiercenia i zmiennych obciążeń technologicznych.



Rys. 7. Zdalne sterowanie zasuwanami roboczymi głowicy eksploatacyjnej i podpowierzchniowym zaworem bezpieczeństwa [9]

Wprowadzona do wierceń naftowych ponad dwadzieścia lat temu napędowa głowica obrotowa (tzw. Top Drive) pozwalająca zmniejszyć ilość skręceń i rozkręceń połączeń gwintowych i ułatwiająca kontrolę przeciwerupcyjną otworu, została szybko uzbrojona w taki napęd. Urządzenie IDM 2000 o udźwigu 523 Ton (użytkowane przez Poszukiwania Nafty i Gazu w Pile) jest w warunkach krajowych pionierskim krokiem w tym zakresie z uwagi na wyposażenie go w profesjonalny napęd spalinowo-elektryczny AC (+) oraz klucz hydrauliczny NOV ST-80.

Uzbrojenie urządzenia wiertniczego w system umożliwiający rurowanie w czasie wiercenia stanowi ważny krok na drodze zwiększenia efektywności urządzenia wiertniczego. Taki system posiada m.in. przytoczone wyżej urządzenie Huisman LOC 400.

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat bardzo unowocześnione zostały urządzenia do pomiarów w otworach wiertniczych i odwiertach. Obecnie produkowane urządzenia kontrolno-pomiarowe podczas wiercenia służą nie tylko do pomiaru nacisku na świder czy jego prędkości obrotowej, lecz są sprawnymi komputerami wyliczającymi wiele parametrów i dobierającymi optymalne parametry do odpowiednich warunków, jak również na bieżąco podają parametry eksploatacyjne złożeń. Innego typu urządzeniami są urządzenia do monitorowania wierconych otworów, są one elementem systemu wspierania decyzji. Obecnie produkowane pozwalają na całkowite monitorowanie kilku a nawet kilkunastu otworów [3].

Duże ryzyko zagrożenia wybuchem występuje podczas eksploatacji węglowodorów. Chodzi przede wszystkim o sterowanie zasuwami wysokociśnieniowymi w głowicach eksploatacyjnych jak również podpowierzchniowymi zaworami bezpieczeństwa. Powstają nowoczesne systemy automatycznego zdalnego sterowania zasuwami i zaworami SSSV, aby te niebezpieczne czynności przeprowadzać bez bezpośredniego kontaktu z elementami sterującymi w głowicy eksploatacyjnej (rys. 7).

5. PODSUMOWANIE

1. Zagrożenia, jakie niesie eksploatacja urządzeń wiertniczych i wydobywczych, stawiają przed producentami i użytkownikami coraz wyższe wymagania ukierunkowane zarówno na ogólne aspekty bezpieczeństwa, jak i na specyfikę maszyn i ich elementów składowych. Ciągłego doskonalenia wymagają procedury obliczeniowe na potrzeby projektowania, zapewnienie jakości na poszczególnych etapach, warunki wykonania i odbioru, procedury oceny zgodności oraz zalecenia właściwej eksploatacji i ich wprowadzenie do praktyki. Praktyka dowodzi, że każdy cząstkowy postęp w powyższych zakresach pozwala na poprawę bezpieczeństwa, ograniczenie ryzyka strat i zmniejszenie zdarzeń niepożądanych.
2. Wdrażanie bezpiecznych wyrobów wymaga od producentów, dostawców, użytkowników i organów nadzoru rynku uwzględnienia zaleceń norm, wielu przepisów prawnych (dyrektywy maszynowe, ATEX, hałasowe) i biorąc pod uwagę intencje w nich wyrażone.

3. Podejmowane działania w zakresie modernizacji urządzeń wiertniczych i ich eksploatacja wymagają oparcia się na zaleceniach i wytycznych ujętych m.in. w normach technicznych, współpracy producentów i użytkowników urządzeń, na co dzień i w długich horyzontach czasowych.

LITERATURA

- [1] Artymiuk J.: *A new concept drilling hoisting systems rigs*. Acta Montanistica Slovaca. Kosice, R. 11, 1/2006, 1–9
- [2] Artymiuk J.: *Nowoczesność i trendy w budowie urządzeń wiertniczych*. Wiadomości Naftowe i Gazownicze, nr 11, listopad 2006, 6–14 – własne
- [3] Artymiuk J., Aashama K.: *Inspekcje kamerami IP CCTV w wiertnictwie*. Wiertnictwo Nafta Gaz (półrocznik AGH), z. 2, 2008, 157–165
- [4] Artymiuk J., Zachariasen E.: *New combined drilling, workover and snubbing rig concept*. Wiertnictwo Nafta Gaz (rocznik AGH), 23/1, 2006, 69–78
- [5] Artymiuk S., Bednarz G., Falbo T., Małozieć.: *Kierunki rozwoju hydraulicznych napędów w urządzeniach wiertniczych*. Wiertnictwo Nafta Gaz (półrocznik AGH), 24/1, 2007, 63–72
- [6] Artymiuk J., Sokalski M.: *Nowe technologie w wiertnictwie – automatyzacja procesu manewrowania rurami*. 14-th International Scientific and Technical Conference. New Methods Technologies in Petroleum Geology, Drilling and Reservoir Engineering, Zakopane, 11–13 czerwca 2003
- [7] Artymiuk J., Sokalski M.: *New technologies in drilling : assurance of appropriate tubular torque moment values*. Wiertnictwo Nafta Gaz (rocznik AGH), 21/1, 2004, 51–59
- [8] Artymiuk J., Loland J.H., Lengersdorf F.: *Working rig machines for deep drilling and 7500 psi rated drilling equipment*. Wiertnictwo Nafta Gaz (kwartalnik AGH), t. 27, z. 1–2/2010, 67–73
- [9] Bednarz S., Artymiuk J.: *Assurance of safety of drilling and production machinery*. [w:] New knowledge in sphere of drilling, production, transport and gas storage: 10th International Scientific and Technical Conference: October 5th–7th, 1999, Podbanské, Slovakia: Conference Contributions, 16–20
- [10] Bednarz S.: *Operacje wyciągania-zapuszczania przewodu wiertniczego a bezpieczeństwo przeciwerupcyjne*. Wiertnictwo Nafta Gaz (rocznik AGH), 22/1, 2005, 57–64
- [11] Artymiuk J., Bednarz S.: *Efektywność urządzeń wiertniczych – nowe rozwiązania konstrukcyjne i ograniczenia*. Konferencja „Technologia dla bezpieczeństwa w wydobyciu ropy i gazu”, Naftomat, Krosno 16–18.09.2010