

Fot. Robert Osikowicz Engineering

Kontrola fazy stałej w płynie wiertniczym to jedno z głównych zagadnień, jakimi zajmuje się inżynieria wiertnicza

Zamknięty **obieg płuczkowy** CZĘŚĆ II: SELEKCJA PARAMETRÓW



Robert Osikowicz

(ur. 1966), absolwent Wydziału Wiertnictwa Nafty i Gazu AGH w Krakowie. Zajmuje się technologią wiercenia otworów kierunkowych i praktycznymi aplikacjami płynów wiertniczych w otworach różnego przeznaczenia. Ponadto w kręgu zainteresowań autora znajdują się: analizy wykonalności, ryzyka, jakości i kosztów dla projektów bezwykopowych. Od 2009 r. pracuje dla firmy Robert Osikowicz Engineering.

Artykuł jest kontynuacją rozpoczętych w poprzednim numerze „Inżynierii Bezwykopowej” rozważań dotyczących organizowania i użytkowania zamkniętego obiegu płuczkowego w procesie HDD. W tej części pod rozważę zostaną poddane wymagania, jakim powinien sprostać taki system w kontekście grup stowarzyszonych z nim urządzeń wiertniczych. Jak wspomniano uprzednio, w skład obiegu wchodzi wszystkie grupy urządzeń, dzięki którym możliwe jest cyrkulowanie płuczki wiertniczej zarówno wewnątrz otworu wiertniczego, jak też na powierzchni terenu. Wśród elementów bezwzględnie wymaganych znajdują się: układy przygotowania, magazynowania i kondycjonowania płuczki, pompy wysokociśnieniowe, szlamowe pompy cyrkulacyjne oraz systemy separacji faz

Parametry zamkniętego systemu płuczkowego

Spółki wiertnicze i specjalistyczne serwisy płuczkowe stosują w procesie drążenia otworu odpowiednio skonfigurowane elementy obiegu płuczkowego, które powinny być kompatybilne i charakteryzować się podobnymi parametrami funkcjonalnymi. Wśród najpowszechniej wykorzystanych parametrów elementów układu płuczkowego znajdują się: *wydajność, skuteczność* lub *przepustowość*. Parametry te są trudno definiowalne i dla każdego urządzenia będą miały inne uzasadnienie. Spółki wiertnicze mają do dyspozycji bardzo szeroką paletę rozwiązań technologicznych. Większość z nich może okazać się skuteczna i przyczynić się do prawidłowej realizacji projektu. Które więc z tych dostępnych rozwiązań wybrać? Głównymi kryteriami wyboru będą te związane z techniką oraz z ekonomiką. W tej części artykułu poruszane będą głównie uwarunkowania techniczne.

Urządzenia wiertnicze HDD są zwykle klasyfikowane według parametrów stowarzyszonych z ich realnym działaniem (siła pchania/ciągnięcia oraz moment obrotowy). Parametry mechaniczne wiertnic powiązane są z parametrami (geometrią) elementów przewodu wiertniczego i narzędzi wiertniczych, a także z parametrami nieodzownego w pracach wiertniczych systemu urządzeń płuczkowych. Rozważając poszczególne części składowe obiegu płuczkowego, można wyodrębnić poszczególne cechy urządzeń, które decydują o ich skuteczności działania i dopasowaniu do pozostałych elementów systemu

wiertniczego. W tab. 1 zaprezentowano parametry poszczególnych składników układu z podziałem na te o znaczeniu krytycznym, podstawowym i pomocniczym. Do każdego z urządzeń można też dodać wartość wymaganej do dostarczenia mocy, aby pracowało ono w swoim optymalnym zakresie.

Można też dokonać zestawienia poszczególnych klas urządzeń wiertniczych z wymaganymi parametrami pracy poszczególnych elementów zamkniętego obiegu płuczkowego, przy czym dolny zakres przedziału oznacza wartość minimalną, a górny zakres wartość pożądaną (optymalną).

Urządzenie	Parametr krytyczny	Parametr główny	Parametr pomocniczy
Zbiornik przygotowania i kondycjonowania płuczki	Pojemność zbiornika strumień przepływu przez zwężkę Venturi (l/min)	strumień przepływu przez armaturę (l/min)	
Linia wodna	strumień przepływu (l/min)	średnica wewnętrzna (mm) i długość instalacji (m)	ciśnienie robocze (bar)
Zbiornik na wodę technologiczną	pojemność (m ³)	zdolność do odbioru wody (l/min)	
Zbiornik na płuczkę zapasową	pojemność (m ³)	zdolność do przyjmowania i wytlaczania płuczki (l/min)	zdolność do podtrzymania parametrów suspensji
Pompa wysokociśnieniowa (tłokowa) z pompą podłączającą (wirowa)	strumień przepływu (l/min) maksymalne ciśnienie tłoczenia (bar)	parametry w trybie pracy ciągłej (24/24) parametry w trybie pracy okresowej (8/24)	tolerancja wobec fazy stałej (zawartość procentowa dla poszczególnych frakcji)
Pompa szlamowa transferowa	strumień przepływu w funkcji wysokości podnoszenia (l/min @ bar)	dopuszczalna zawartość i rozmiar fazy stałej	dopuszczalny poziom lepkości
Pompy szlamowe cyrkulacyjne	strumień przepływu w funkcji wysokości podnoszenia (l/min @ bar)	dopuszczalna zawartość i rozmiar fazy stałej	dopuszczalny poziom lepkości
System separacji faz	przepustowość systemu (l/min) w funkcji zawartości fazy stałej, lepkości płynu i wymaganej dokładności separacji	pojemność systemu (m ³) powierzchnia przesiewania na sitach wibracyjnych (m ²) ilość i rozmiar hydrocyklonów	ilość sekcji (modułów)

TAB. 1. Parametry poszczególnych składników układu z podziałem na te o znaczeniu krytycznym, podstawowym i pomocniczym

Klasa urządzenia (siła ciągnięcia)	do 200 kN	200–500 kN	500–1000 kN	1000–2500 kN	ponad 2500 kN
Moment obrotowy	do 10 kNm	10–30 kNm	30–60 kNm	60–120 kNm	ponad 120 kNm
Średnica przewodu wiertniczego	2 7/8–3 1/2"	3 1/2–5"	5–5 1/2"	5 1/2–6 5/8"	6 5/8–7 5/8"
Pompa płuczkowa	250–500 l/min	500–1000 l/min	1000–2000 l/min	2000–3000 l/min	ponad 3000 l/min
Pompa transferowa (szlamowa)	1000 l/min @ 6 bar	1500 l/min @ 8 bar	2500 l/min @ 10 bar	3500 l/min @ 12 bar	ponad 4000 l/min 12 bar
Rurociąg transferowy	5"	6"	6"	6–8"	8"
Zbiornik przygotowania i kondycjonowania płuczki	10–15 m ³	15–20 m ³	20–30 m ³	30–40 m ³	min. 40 m ³
Zbiorniki zapasowe (buforowe)	-	15–20 m ³	20–40 m ³	40–80 m ³	min. 80 m ³
Ilość sit wibracyjnych	1	1–2	2–3	3–4	4–6
Ilość baterii hydrocyklonów	1	1–2	2	2–3	3–4
Wirówka dekantacyjna	-	-	opcjonalnie	opcjonalnie	opcjonalnie

TAB. 2. Konfiguracja systemów płuczkowych z podziałem na klasy urządzeń wiertniczych

Projektowanie i selekcja komponentów obiegu płuczkowego musi uwzględniać wiele czynników związanych zarówno z hydrauliką otworową, jak i z hydrauliką wynikającą z przepływu przez geometrię urządzeń zamontowanych na powierzchni terenu. Wszystkie komponenty systemu powinny dać się zintegrować w jeden, dobrze „zbalansowany” układ płuczkowy. Kwestie parametrów i wymagań technicznych pełnią funkcje nadrzędne, tym niemniej takie cechy funkcjonalne, jak trwałość, łatwość obsługi, niezawodność działania, koszt i szybkość zwrotu inwestycji, nie powinny być w takiej analizie pominięte.

Cechy charakterystyczne zamkniętego obiegu

Życie płuczki rozpoczyna się w momencie przygotowania jej w zbiornikach wyposażonych w lej strumieniowy ze zwężką. Dzięki ścinaniu (przyspieszaniu) płuczki w systemie zwężek, dysz, mieszadeł i kolektorów następuje uwodnienie bentonitu, a także rozproszenie innych komponentów płuczkowych. Wymagany czas na przygotowanie w pełni zdyspergowanej suspensji zależy od stosunku wydajności pomp cyrkulujących do pojemności wewnętrznej zbiornika. Pojemność zbiorników płuczkowych powinna być skorelowana ze strumieniem płuczki tłoczony do otworu i nie powinna być mniejsza niż piętnastokrotność maksymalnego spodziewanego wydatku pompy płuczkowej. Aktywny zbiornik płuczkowy może być wyposażony w jedną lub kilka pomp wirowych napędzanych na ogół silnikami elektrycznymi. Charakterystyka pomp powinna być dostosowana do spodziewanej wydajności systemu mieszania.

Jedną z pomp wirowych zasilają wysokociśnieniową pompę płuczkową (agregat pompowy), zatłaczającą płyn do przewodu wiertniczego. Wydatek pompy zasilającej (podtłaczającej) powinien przewyższać maksymalny spodziewany strumień płuczki wykorzystywany do wiercenia. Wysokociśnieniowe agregaty pompowe wyposażone są na ogół w napęd spalinowo-hydrauliczny. Alternatywą są układy hybrydowe spalinowo-elektryczne. Strumień zatłaczanej płuczki jest związany z klasą urządzenia wiertniczego i geometrią wierconego otworu. Stałą obserwowaną na rynku HDD tendencją jest aplikowanie coraz to większych systemów pompowych, składających się z jednej lub kilku pomp tłokowych.

W skład obiegu płuczkowego wchodzi wszystkie grupy urządzeń, dzięki którym możliwe jest cyrkulowanie płuczki wiertniczej zarówno wewnątrz otworu wiertniczego, jak też na powierzchni terenu

Istnieje kilka elementów, które odróżniają zamknięte układy cyrkulacji od nieskomplikowanych układów otwartych. Wśród nich szczególną rolę pełnią układy pompowe do tłoczenia szlamu przez rurociągi transferowe oraz mechaniczne urządzenia do oczyszczania i kondycjonowania

płuczki, dzięki którym możliwe jest ponowne wykorzystanie płynu wiertniczego, wypływającego z otworu, w procesie wiercenia. Urządzenia mechanicznej separacji faz połączone są ze sobą rurociągami, manifoldami, a przepływ pomiędzy poszczególnymi składnikami systemu zapewniają pompy tolerujące wysoką zawartość abrazyjnej fazy stałej. Systemy separacji faz to dobrze zestrojone układy urządzeń służących do oddzielenia zawieszony lub zdyspergowanej fazy stałej od płynnej fazy rozpraszającej. W konwencjonalnych układach separacji wykorzystuje się trzy powszechnie znane mechanizmy. Po pierwsze jest to przepływ przez ośrodek separujący, jaki stanowią sита wibracyjne. Nie jest przy tym wymagana różnica ciężaru właściwego pomiędzy fazą ciekłą a fazą stałą. Po drugie jest to zjawisko sedymentacji, w którym dla zajścia prawidłowego procesu separacji konieczna jest różnica ciężarów właściwych pomiędzy rozdzielanymi fazami. W grę wchodzi tutaj zarówno wszelkiego typu proste zbiorniki osadnikowe (siła grawitacji), jak również bardziej złożone układy hydrocyklonów czy też wirówki dekantacyjne (siła odśrodkowa). Po trzecie – wykorzystuje się także strącanie fazy stałej z zawieszin za pomocą metod chemicznych. Do głosu dochodzą wtedy takie zjawiska, jak koagulacja czy flokulacja. Istotą procesu koagulacji jest zmniejszenie stopnia dyspersji układu zawierającego frakcję koloidalną poprzez łączenie się pojedynczych rozproszonych cząstek w większe aglomeraty, które łatwiej mogą zostać usunięte z suspensji w procesie sedymentacji (odwirowania mechanicznego).

Układy służące separacji faz wykorzystują różne kombinacje sit wibracyjnych i hydrocy-

klonów zamontowanych na wielokomorowych zbiornikach stalowych. Sita stanowią przy tym pierwszą linię obrony przed wzrostem koncentracji fazy stałej w płuczce obiegu, a ich działanie w najmniejszym stopniu sprzyja rozdrabnianiu zwiercin. Wibrujące sita to urządzenia oddzielające fazę stałą o granulacji wynikającej z wielkości i kształtu oczek, założonej na sicie siatki lub panelu. Wartość przyspieszenia, jakiemu poddawana jest faza stała, zależy od konstrukcji urządzenia i na ogół osiąga wartości od 5 do 8 razy większe niż to wynika z przyspieszenia grawitacyjnego. Jedno z sit pełni funkcję wstępnego separatora, oddzielającego grubszą frakcję, większe kawałki iltu lub okruchy skalne. Jest to element, którego przepustowość nie może być mniejsza od stosowanego strumienia cyrkulującej płuczki. Kolejne sita służą do oddzielania coraz drobniejszych frakcji (piasku i pyłu). Zintegrowane są przy tym z bateriami hydrocyklonów, które zrzucają na nie zwilżone płuczką zwierciny. Hydrocyklony to cylindryczno-stożkowe urządzenia zasilane zewnętrzną pompą określoną objętością płuczki w jednostce czasu. Ciśnienie robocze notowane w rurociągu zasilającym jest funkcją strumienia przepływu, geometrii hydrocyklonu oraz zawartości fazy stałej. Rozdział faz zachodzący we wnętrzu hydrocyklonu poddaje się opisowi za pomocą prawa Stokes'a: im niższa lepkość płynu i im większe separowane ziarno, tym łatwiej zachodzi sam proces. Dopasowanie

parametrów pracy pompy do parametrów pracy baterii hydrocyklonów ma decydujące znaczenie dla jakości separacji. Ilość baterii oraz hydrocyklonów w ramach baterii jest zależna od wielkości i złożoności systemu oczyszczania. Każda z baterii hydrocyklonów powinna przyjmować podobne objętości płynu w jednostce czasu. Wielkość powierzchni przesiewania dostępnej na sitach wibracyjnych powinna być dopasowana do spodziewanej masy zrzucanej z hydrocyklonów. Najczęściej spotyka się rozwiązania z jedną, dwoma lub trzema bateriami o różnych średnicach, przy czym system klasyfikuje coraz drobniejszą frakcję. Zaleca się konserwatywne podejście do rozmiaru cząstek możliwych do odseparowania w hydrocyklonach.

Wszystkie elementy systemu oczyszczania powinny mieć przepustowość przekraczającą potencjalną wydajność pompy płuczkowej, a w niektórych miejscach ponad dwukrotnie. Wydajność systemu oczyszczania zależy od zastosowanych komponentów, konstrukcji urządzenia, lepkości płuczki oraz zawartości fazy stałej. Istnieje pewna rozbieżność interesów pomiędzy wymaganiami technologicznymi procesu wiercenia (lepkość) a sprawnością systemu oczyszczania, która spada wraz z jej wzrostem. Zawartość fazy stałej o rozmiarze powyżej 74 µm (graniczna dolna granulacja piasku według normy API) w oczyszczonym płynie nie powinna przekraczać 1% objętościowo. Systemy bazują-

ce na sitach wibracyjnych i hydrocyklonach są w stanie odseparować fazę stałą o ziarnie sięgającym 25 µm. W przypadku konieczności oddzielenia drobniejszych frakcji nieodzowne jest zastosowanie szybkoobrotowych wirówek lub pras filtracyjnych.

Wszystkie elementy systemu oczyszczania powinny mieć przepustowość przekraczającą potencjalną wydajność pompy płuczkowej, a w niektórych miejscach ponad dwukrotnie

Wirówki, podobnie zresztą jak hydrocyklony, są zaprojektowane do przyspieszania sedymentacji cząstek stałych. Prędkość obrotowa jest przekształcana na siłę odśrodkową, działającą wewnątrz wirującego bębna. Działanie urządzenia pozwala na skuteczną separację drobnych i bardzo drobnych cząstek (na pograniczu frakcji koloidalnej) w warunkach w pełni kontrolowanych. Wirówki dekantacyjne są w stanie rozdzielić od fazy rozpraszającej cząstki nawet sześciokrotnie mniejsze niż w przypadku konwencjonalnych hydrocyklonów. Dzięki tym urządzeniom można

Urządzenie (element systemu)	Założenia projektowe (opcja minimalna)	Założenia projektowe (opcja optymalna)	Kontrola fazy stałej Inne wymagania
Sita wibracyjne wstępne	przepustowość 125% maksymalnego wydatku	przepustowość 150% maksymalnego wydatku	skuteczność oczyszczania powyżej 500 µm
Sita wibracyjne (mud cleaner)	przepustowość 125% maksymalnego wydatku pompy płuczkowej	przepustowość 150% maksymalnego wydatku pompy płuczkowej	skuteczność oczyszczania powyżej 70 µm
Hydrocyklony usuwające frakcję piaskową	przepustowość 150% maksymalnego wydatku pompy płuczkowej	przepustowość 200% maksymalnego wydatku pompy płuczkowej	skuteczność oczyszczania powyżej 60 µm
Hydrocyklony usuwające frakcję pyłową	przepustowość 150% maksymalnego wydatku pompy płuczkowej	przepustowość 200% maksymalnego wydatku pompy płuczkowej	skuteczność oczyszczania powyżej 25 µm
Wirówka dekantacyjna	przepustowość 20% aktualnego wydatku pompy płuczkowej	przepustowość 30% aktualnego wydatku pompy płuczkowej	skuteczność oczyszczania powyżej 2 µm
Zbiornik przygotowania i kondycjonowania płuczki	pojemność 10x większa od aktualnego strumienia przepływu w l/min	pojemność 15x większa od aktualnego strumienia przepływu w l/min	rekomendowana pompa typu shear zasilająca lej płuczkowy ze zwężką Venturi
Zbiornik buforowy	pojemność zbiornika do przygotowania płuczki	dwukrotna pojemność zbiornika do przygotowania płuczki	rekomendowane pompy cyrkulacyjne o przepustowości większej niż maksymalny wydatek pompy płuczkowej
Pompa wysokociśnieniowa	wymagany przepływ na poziomie 2 m/min w przestrzeni pierścieniowej poszerzanego otworu	wymagany przepływ na poziomie 3 m/min w przestrzeni pierścieniowej poszerzanego otworu	wymagane ciśnienie robocze 50 bar dla wiercenia z zestawem typu jet oraz 70 bar do wiercenia z silnikiem płuczkowym
Szlamowe pompy cyrkulacyjne (transferowe)	wymagana przepustowość na poziomie 150% aktualnego wydatku pompy płuczkowej	wymagana przepustowość na poziomie 200% aktualnego wydatku pompy płuczkowej	wysokość podnoszenia pompy dostosowana do geometrii i długości instalacji rurowej

TAB. 3. Wymagania dotyczące systemu produkcji, pompowania, kondycjonowania płynu i kontroli fazy stałej

znacząco wydłużyć czas życia płuczki lub, inaczej mówiąc, lepiej skontrolować jej parametry w dłuższym okresie. Czas użytecznego wykorzystania płuczki jest bowiem często powiązany z rozkładem uziarnienia fazy rozproszonej.

Oczyszczona płuczka przetwarzana jest do zbiornika aktywnego lub do systemu buforowego, gdzie może zostać poddana procesowi kondycjonowania i regulacji parametrów przed ponownym wykorzystaniem w procesie drążenia otworu. Zasilanie układów separacji odbywa się za pomocą pomp szlamowych (zatapialnych lub samozasysających). Prawidłowe zamknięcie obiegu wymagać może użycia wielu pomp szlamowych i ułożenia rurociągów przesyłowych, których średnica powinna być skorelowana z planowanym dystansem, na którym odbywa się transport, oraz z możliwościami pomp cyrkulacyjnych.

- techniki płuczkowej fazy stałej,
- zmniejszenie ciśnienia dennego poprzez utrzymywanie racjonalnego poziomu rozproszonej fazy stałej,
- lepsza stateczność ściany otworu uzyskana dzięki długotrwałej cyrkulacji płynu o ustabilizowanych parametrach fizycznych i chemicznych,
- zmniejszenie ryzyka operacyjnego na skutek lepszej kontroli nad zachowaniem się przewodu wiertniczego i instalowanego rurociągu,
- stabilne i przewidywalne parametry płynu wiertniczego,
- niższe zapotrzebowanie na wodę technologiczną,
- niższa konsumpcja materiałów płuczkowych w porównaniu z projektami realizowanymi bez zamkniętego obiegu płuczkowego,
- niższe koszty utylizacji odpadów wiertniczych.

koszty związane z dostawą wody i materiałów płuczkowych, a także (co jest współcześnie uznane za problem o krytycznym znaczeniu) zredukować koszty utylizacji odpadów wiertniczych. W najbliższym czasie ograniczenie ilości odpadów będzie przedmiotem wielu badań zmierzających do opracowania technologii niskoemisyjnych i proekologicznych. Należy oczekiwać prac w zakresie stosowania cichych napędów elektrycznych, poszerzenia zakresu aplikacji wirówek dekantacyjnych i innych rozwiązań, zmierzających do bardziej efektywnego osuszania i zestawiania odpadów. Pieniądze zainwestowane w tych obszarach pozwolą spółkom wiertniczym osiągnąć przewagę technologiczną nad konkurencją.

W następnej części cyklu artykułów o zamkniętym obiegu płuczkowym opisana zostanie zasada działania i konfiguracji poszczególnych elementów systemu kontroli zawartości fazy stałej w płuczce wiertniczej. ◀

Dobrze skonfigurowane zamknięte układy cyrkulowania płynu wiertniczego wykorzystywane są w: wiertnictwie naftowym, w wierceniach geotermalnych, poszukiwawczych i eksploatacyjnych złóż węgla czy rud metali, technice tunelowania oraz wiertnictwie kierunkowym HDD

Zalety wynikające z wykorzystania zamkniętego obiegu płuczkowego

Dobrze skonfigurowane zamknięte układy cyrkulowania płynu wiertniczego wykorzystywane są w: wiertnictwie naftowym, wierceniach geotermalnych, poszukiwawczych i eksploatacyjnych złóż węgla czy rud metali, technice tunelowania oraz wiertnictwie kierunkowym HDD. Celem ich stosowania jest osiągnięcie zysku zarówno w sferze technicznej, jak i ekonomicznej. W literaturze podawanych jest wiele bezpośrednich i pośrednich korzyści wynikających z ich praktycznego użycia. Są to m.in.:

- optymalizacja procesu wiercenia dzięki utrzymywaniu bezpiecznej zawartości fazy stałej w płuczce obiegowej,
- zwiększenie mechanicznej prędkości wiercenia dzięki stosowaniu znacznie większych strumieni tłoczonych do otworu płuczki,
- poprawa jakości otworu wynikająca z wyższego stopnia oczyszczenia ze zwiercin,
- usuwanie nieużytecznej z punktu widzenia

Dla uzyskania skutecznej kontroli nad zachowaniem się fazy stałej niezbędne jest wdrożenie wielu powiązanych ze sobą działań. Po pierwsze należy pozyskać efektywnie działający system separacji faz, który skutecznie poradzi sobie zarówno z frakcją grubą, jak i ultra drobną. Przepustowość systemu powinna być zgodna z zakładanym strumieniem przepływu i koncentracją fazy stałej. Warte podkreślenia jest zalecenie o wymaganych kompetencjach personelu odpowiedzialnego za obsługę urządzeń, a także wymóg posiadania części zapasowych wynikających z normalnej ich eksploatacji.

Podsumowanie

Kontrola fazy stałej w płynie wiertniczym to jedno z głównych zagadnień, jakimi zajmuje się inżynieria wiertnicza. Systemy separacji faz pozwalają na pracę w zamkniętych układach, w których cyrkulująca płuczka jest wielokrotnie wykorzystywana w procesie wiercenia. Tego typu rozwiązania techniczne pozwalają znacząco poprawić jakość tworzonego otworu, obniżyć

Literatura

- [1] Baker Hughes Drilling Fluids: Drilling Fluids Reference Manual – revised edition, 2006.
- [2] Drilling Fluids Processing Handbook: Elsevier Inc. London, 2005.
- [3] M-I Drilling Fluids: Solids Control, Cuttings Management and Fluids Processings.
- [4] Osikowicz R.: Krytyczne funkcje płynów wiertniczych w: Inżynieria Bezwykopowa, 1/2005.
- [5] Osikowicz R.: Rynek płynów wiertniczych w: Inżynieria Bezwykopowa 4/2013.
- [6] Osikowicz R.: Tendencje obserwowane w rozwoju HDD w Polsce i na świecie. Referat wygłoszony w trakcie XII Międzynarodowej Konferencji, Wystawy i Pokazów Technologii „INŻYNIERIA Bezwykopowa” w Krakowie, 11 czerwca 2014.
- [7] Osikowicz R.: Zarządzanie jakością otworu wiertniczego w: Inżynieria Bezwykopowa 1/2015.
- [8] Osikowicz R.: Ocena aktualnego stanu techniki HDD w Polsce. Referat wygłoszony w trakcie XIII Międzynarodowej Konferencji, Wystawy i Pokazów Technologii „INŻYNIERIA Bezwykopowa” w Krakowie, 10 czerwca 2015.
- [9] Petiet R.: Closed-loop Mud Systems in HDD Technology. Referat wygłoszony w trakcie II Seminarium Technicznego ROE w Krakowie. Grudzień, 2015.
- [10] Shale Shakers and Drilling Fluids Systems. American Association of Drilling Engineers, Texas, 2014.