



Fot. Robert Osikowicz Engineering

Zamknięty **obieg płuczkowy**

CZĘŚĆ III: SELEKCJA KOMPONENTÓW I ICH EKSPLOATACJA



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.

Systemy oczyszczania płuczki wiertniczej, zwane też systemami separacji faz, pozwalają wykonawcom prac wiertniczych na realizację projektów zgodnie z założeniami technicznymi i w ramach założonego budżetu. Zamknięcie obiegu płuczki dzięki zastosowaniu specjalistycznych urządzeń pozwala na znaczącą redukcję konsumpcji wody i materiałów płuczki, obniżenie kosztów logistycznych, drastyczne obniżenie kosztów utylizacji szlamu oraz lepszą kontrolę nad samym procesem wiercenia

Dlaczego stosujemy systemy separacji faz?

Pytanie jest zasadne i wymaga odpowiedzi. Aby zamknąć obieg płuczki i wykorzystać wielokrotnie ten sam płyn wiertniczy, musimy pozbawić go fazy stałej pozyskanej w procesie wiercenia. Faza stała, zarówno ta gruba, jak i drobna, jest szkodliwa dla wysokociśnieniowej armatury i pomp płuczki. Powoduje ona degradację tulei, tłoków, zaworów, wycieranie wewnętrznych części przewodu wiertniczego, silników wgłębnych, narzędzi, wypłukiwanie dysz i inne niekorzystne zdarzenia w układzie płuczki. W najprostszym sposobie fazę stałą można usunąć, stosując efekt naturalnej sedimentacji w osadnikach na skutek istnienia powszechnej siły grawitacji i łatwego do zaobserwowania efektu opadania ciał. Można jednak w ten sposób pozbyć się jedynie cząstek o stosunkowo dużych rozmiarach i istotnej masie. W wiertnictwie HDD wykorzystujemy wszak płyny o określonej charakterystyce reologicznej, których struktura ma zapobiegać zbyt łatwemu wypadaniu transportowanej fazy stałej z cyrkulującej płuczki. Mniejsze zwierciny będą zatem utrzymywane w suspensji, a dla ich usunięcia niezbędne będzie zastosowanie mechanicznych lub mechaniczno-chemicznych metod rozdziału faz. Szkodliwość fazy stałej, zarówno tej grubszej, liczonej w milimetrach, jak i tej drobniejszej, wyrażonej w mikronach, jest podobna. Faza drobna może w pewnych sytuacjach być bardziej uciążliwa i kosztowna dla procesu wiercenia.

Do głównych powodów technologicznych, z uwagi na które fazę stałą uznajemy za niepożądaną, należą: obniżenie postępu wiercenia, podwyższenie ciśnienia hydrostatycznego w otworze, podwyższenie oporów przepływu cieczy obciążonej. Faza stała zaburza przy tym parametry płynu wiertniczego. Stopień in-

rencji fazy stałej w profil lepkościowy zależy od stopnia jej aktywności i stopnia rozdrobnienia. Faza piaskowa może być uznana za względnie neutralną, z kolei faza drobna i ultradrobną za aktywną lub bardzo aktywną. Systemy separacji stosujemy także z przyczyn ekonomicznych. Koszty produkcji i koszty utylizacji płuczki są znaczące, a więc należy zadbać o to, aby życie płuczki było stosunkowo długie. Koszty płuczki to nie tylko koszt pozyskania komponentów takich jak bentonit, ale także koszty pozyskania znaczących ilości wody. W przypadku wielu projektów może to być trudniejszy do rozwiązania problem niż zakup komercyjnych materiałów płuczki.

Sprzęt służący do mechanicznej separacji faz był traktowany jeszcze kilkanaście lat temu jako opcjonalne wyposażenie urządzenia wiertniczego HDD. Znane są przypadki całkiem sporych projektów, które zostały zrealizowane bez użycia zamkniętego obiegu płuczki, a więc tym samym bez systemów oczyszczania płuczki. Jednak coraz większa świadomość techniczna, regulacje dotyczące ochrony środowiska i zasobów wód, wzrastające koszty utylizacji odpadów wiertniczych spowodowały zainteresowanie tym sektorem rynku, nie tylko ze strony dużych spółek wiertniczych, wykorzystujących pełnowymiarowe wiertnice, ale także ze strony kontraktorów specjalizujących się w projektach o mniejszej skali.

Jak już wspomniano, stosowanie systemów separacji w układach płuczki to nie tylko oszczędność czasu i pieniędzy, ale także możliwość uzyskania lepszej jakości otworu wiertniczego dzięki optymalizacji procesu i dążeniu do bezpiecznej koncentracji fazy stałej w przestrzeni pierścieniowej otworu. Wyższa jakość otworu to z kolei niższe ryzyko operacyjne projektu i mniejsza ilość przypadków z zarejestrowanymi komplikacjami i stanami awaryjnymi.

TEMATYKA ARTYKUŁU:

Optymalizacja
postępu wiercenia

Maksymalizacja
zdolności do separacji
fazy stałej

Redukcja
objętości utylizowanej
płuczki

Obniżenie
czasu operacyjnego
i kosztów procesu

Fundamentalne zasady działania systemu separacji

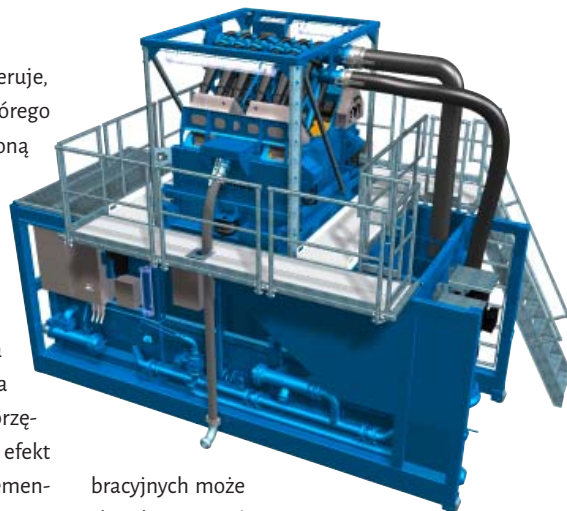
Kontrola fazy stałej jest jednym podstawowych obszarów działania inżynierii płuczkowej. Pojęcie to jest ściśle związane z monitoringiem, zarządzaniem ilościami zwiercin i ich zachowaniem w płuczce. Rozmiar cząstek stałych i ich natura wpływają w mniejszym lub większym stopniu na właściwości płuczki, przy czym ten wpływ jest tym bardziej wyraźny, im rozmiar fazy stałej jest mniejszy. Znanych jest kilka metod kontroli zachowania fazy stałej. Pierwsza z nich może być uznana za metodę prewencyjną, gdyż jej celem jest zapobieganie rozdrabnianiu się i rozpraszaniu zwiercin w cyrkulującym płynie. Efekt ten uzyskuje się m.in. dzięki inhibicji jonowej lub działaniu kapsułującego polimeru. Dwie kolejne metody odnoszą się już do trwałego oddzielenia fazy stałej od cyrkulującego płynu. Podstawowa metoda polega na mechanicznym rozdzieleniu faz za pomocą jednego z dostępnych mechanizmów: sedymentacja (osiadanie), przesiewanie, działanie sił odśrodkowych. Metodą uzupełniającą jest działanie chemiczne w kierunku strącania zwiercin z zawieszin, wykorzystujące zjawisko flokulacji. Metody mechaniczne i chemiczne często stosowane są jednocześnie.

Płyn wiertniczy wypływający z otworu jest traktowany jako szlam, czyli mieszanina kondycjonowanego płynu wiertniczego, fazy stałej przenikającej do płuczki w wyniku drążenia otworu oraz ewentualnie wody wypełniającej pory formacji czy też infiltrującej do otworu. Szlam wiertniczy, zanim zostanie dostarczony do urządzeń separujących, przepływa zwykle przez układ zbiorników ziemnych (pełniących przy okazji funkcję osadników) i rurociągów. Maszynami roboczymi wymuszającymi obieg są pompy. Pierwszą linią obrony stosowaną w systemie separacji jest wstępne sito wibracyjne (lub kilka sit), mające za zadanie usunięcie z płuczki zwiercin o dużych rozmiarach (gruba frakcja), które mogłyby osiąść na dnie zbiornika lub też zablokować występujące w obiegu hydrocyklony.



Sito wibracyjne, jak sama nazwa sugeruje, jest urządzeniem przesiewającym, którego jeden z elementów wibruje z określoną częstotliwością i amplitudą. Separacja nie jest warunkowana różnicą gęstości pomiędzy ośrodkiem rozpraszającym (płynem) a ośrodkiem rozproszonym (fazą stałą). Odrzucona przez sito będzie faza stała o granulacji większej niż oczka w siatce (panelu) zamontowanym na drgającym sicie. Drgające sito jest odsprężone od swojej podstawy, dzięki czemu efekt wibracji nie jest przenoszony na inne elementy układu.

Płuczka częściowo oczyszczona na sicie wstępnym przenika do komory zbiornika, skąd pompa wirowa zatłacza ją do pierwszej baterii hydrocyklonów. Hydrocyklony te zwane są zazwyczaj odpiaszczaczami, gdyż ich zakres separacji obejmuje piasek różnoziarnisty oraz drobny żwir. Hydrocyklony wykorzystują siłę odśrodkową do wywołania efektu rozdzielenia fazy stałej od płynnej. Przez dolny wypływ hydrocyklonu usuwana jest zwilżona faza stała. Kierowana jest na kolejne sito wibracyjne w celu usunięcia nadmiaru płynu. Przez górny odpływ wydostaje się płyn pozbawiony tej części fazy stałej, którą był w stanie oddzielić hydrocyklon. Płuczka przedostaje się do dolnego zbiornika, skąd następną w układzie pompa wirowa zatłacza ją do drugiej baterii hydrocyklonów (odmulaczy). Są to znacznie mniejsze lejki obsługujące drobny piasek i fazę pylistą. Zasada działania jest podobna do hydrocyklonów o większych średnicach. I w tym przypadku dolny wypływ z hydrocyklonu kierowany jest na sito wibracyjne, z tą jednak różnicą, że siatki (panele) zamontowane na sicie charakteryzują się mniejszymi oczkami. Ilość zastosowanych baterii hydrocyklonów waha się od 1 do 3 i jest uzależniona od stopnia złożoności i wydajności systemu. Generalną zasadą przyjętą przy konstruowaniu urządzeń jest ich sekwencyjność. Oznacza to, że z płynu wiertniczego usuwana jest coraz drobniejsza frakcja. W zbiornikach ziemnych i odstojniskach jest to frakcja kamienista, żwirowa, na sitach wstępnych odsiewamy drobniejszy żwir, zwierciny skalne, agregaty ilowe. Zestawy hydrocyklon-sito wibracyjne (mud cleaner) są odpowiedzialne za klasyfikację coraz drobniejszej fazy stałej piaskowej i pyłowej. Urobek spadający z kolejnych sit wi-



bracyjnych może charakteryzować się coraz to większą wilgotnością. Jako zasadę można przyjąć, że im drobniejsza frakcja, tym więcej energii i czasu należy użyć do jej trwałego usunięcia (oddzielenia od płynu). Przepustowości poszczególnych baterii hydrocyklonów powinny być znacząco większe niż zadeklarowana wydajność całego systemu konwencjonalnej separacji. Rozmiar stosowanych oczek w siatkach (panelach) powinien być dostosowany do spodziewanej frakcji pochodzącej z wierzonego otworu i skorelowany z rozmiarem fazy stałej separowanej w hydrocyklonach. Należy dążyć do równomiernego obciążenia urobkiem wszystkich sit wibracyjnych, uzyskując przy tym należytą przepustowość sita wstępnego.

W przypadku, kiedy zachodzi konieczność usunięcia z obiegu płuczkowego drobnego pyłu i frakcji koloidalnej, można posłużyć się szybkoobrotowymi wirówkami dekantacyjnymi lub prasami filtracyjnymi. Ich skuteczność działania może zostać wzmocniona przez chemiczny proces strącania fazy stałej (koagulacja, flokulacja).

Podstawowym celem działania systemu separacji jest usunięcie w pierwszym obiegu jak największej ilości fazy stałej. Ma ona silną tendencję do rozdrabniania w trakcie cyrkulowania przez zmienne geometrie. Do rozdrabniania dochodzi głównie na skutek działania wirników pomp. W stosunkowo krótkim czasie zwierciny rozpadają się na cząstki o rozmiarze od kilku do kilkudziesięciu mikronów i mogą pozostawać trwale rozproszone w płuczce, o ile nie zastosujemy specjalnych metod separacji.

Zwierciny o rozmiarze powyżej 74 mikronów (piasek) można oznaczyć za pomocą prostej metody przesiewania przez sitko o gęstości oczek 200 mesh (jednostka ta oznacza ilość kwadratowych oczek na cal bieżący). Jednak

dla ustalenia zawartości frakcji drobniejszej (pyłowej i ilowej) potrzebne są metody kalkulacyjne, bazujące na pomiarze ciężaru właściwego płynu, pozbawionego całkowicie cząstek większych niż 74 mikrony. Dla każdego typu płuczki wiertniczej można ustalić graniczną koncentrację fazy stałej, po osiągnięciu której płuczka powinna zostać częściowo odświeżona poprzez rozcieńczenie płynem o niskiej zawartości fazy stałej.

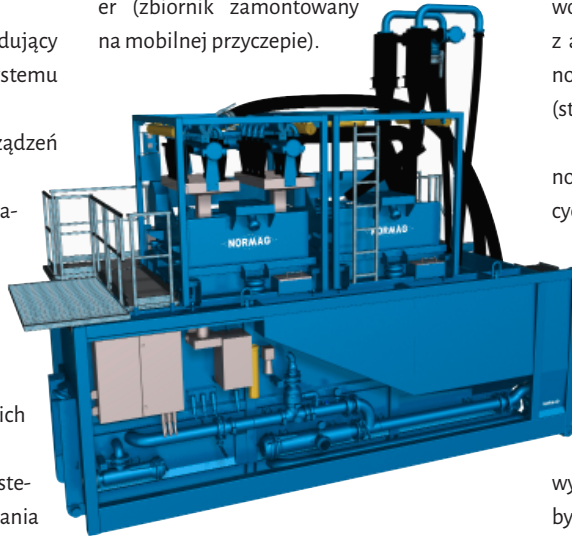
Kryteria techniczne wyboru systemu

Wśród czynników, które mają decydujący wpływ na wybór rodzaju i wielkości systemu separacji, znajdują się:

- ilość i wielkość posiadanych urządzeń wiertniczych;
- parametry techniczne wykorzystywanych pomp płuczkowych;
- przeciętna długość wierzonego otworu;
- przeciętna pojemność wierzonego otworu;
- typowe warunki geologiczne, w jakich prowadzone są prace wiertnicze;
- dotychczasowe doświadczenie z systemami oczyszczania i kondycjonowania płuczki.

Zgromadzenie odpowiedzi na tak postawione pytania pozwoli na wybór rozmiaru systemu i jego podstawowych składników. Ważna jest przy tym zarówno ich ilość, jak i jakość. Łącznie składa się to na tzw. potencjalną przepustowość (wydajność) układu separacji. Jest ona definiowana jako złożenie dwóch parametrów: przepływu określonego strumienia płynu i potencjalnej zdolności separacji fazy stałej wyrażonej w tonach lub metrach sześciennych na godzinę. Systemy separacji można więc łatwo podzielić na: małe, średnie, duże i bardzo duże, nadając im określone limity przepustowości. Można wyróżnić systemy kompaktowe i pełnowymiarowe. Czynnikiem wyróżniającym jest jakość komponentów. Będziemy więc mogli mówić o konstrukcjach kompromisowych (bazujących na ekonomicznych składnikach) i bezkompromisowych układach typu state-of-the-art, w których ich konstruktorzy zastosowali jednocześnie sprawdzone komponenty, ale też dostępne nowinki techniczne. Każdy z producentów stara się przedstawić swoją kon-

strukcję referencyjną bazującą na starannie wyselekcjonowanych elementach. Niezależnie o tego, czy będziemy mieli do czynienia z systemem skromnym czy też bardzo rozbudowanym, układy separacji będą składały się z co najmniej dwóch składników: zbiornika z zamontowanymi w nim przegrodami, pompami i armaturą oraz elementów separujących, w których zachodzi proces rozdziału faz. Rozróżniamy też dwa typy zabudowy: skid (zbiornik montowany na ramie – wymagany załadunek dźwigiem na samochód) oraz trailer (zbiornik zamontowany na mobilnej przyczepie).



Wybór rozmiaru systemu

Jak wynika z doświadczeń firm wiertniczych i serwisowych firm płuczkowych, projektowana wydajność systemu separacji powinna przekraczać spodziewany stosowany strumień przepływu. Nie ma jednak w tym zakresie ścisłych rekomendacji. Ocenia się, że wydajność systemu separacji przekraczająca o 50% wydatek pompy płuczkowej pozwala na utrzymanie fazy stałej w cyrkulującym płynie na bezpiecznym poziomie. Przekłada się to na trwałość armatury wysokociśnieniowej oraz eliminowanie czasu straconego na oczekiwanie na zakończenie procesu separacji i kondycjonowania płynu. System separacji powinien działać w sposób ciągły, także w czasie, kiedy nie pracuje pompa wysokociśnieniowa i płuczka nie jest pobierana z układu. Połączone ze sobą kaskadowo komory robocze umożliwiają wielokrotne cyrkulowanie płuczki przez kolejne sekcje układu oczyszczania, aż do uzyskania wymaganego stopnia oczyszczenia.

Dobór urządzenia separującego do danej klasy wiertnicy wymaga zrozumienia zasady działania systemu. Nie jest rzeczą niewłaści-

wą połączyć rozbudowany system separacji z kompaktowym urządzeniem wiertniczym, choć niektórzy mogą dopatrzeć się w tej konfiguracji „mezaliansu”. System separacji nie ogranicza w tym wypadku wiertnicy, ale pomaga osiągnąć optymalną wydajność. Zupełnym jednak nieporozumieniem byłoby połączenie kompaktowego systemu oczyszczania o ograniczonej wydajności z pełnowymiarową wiertnicą klasy maxi. Obieg płuczki byłby w takim wypadku wąskim gardłem procesu wiercenia. W większości praktycznie obserwowanych przypadków mamy do czynienia z aplikowaniem urządzeń separacji o wydajnościach zbliżonych do zaprojektowanych (stosowanych w praktyce) przepływów.

Generalną rekomendacją jest, aby pojemność zbiorników aktywnych, uwzględniających zarówno zbiorniki robocze (kondycjonowanie), buforowe, rezerwowe (zbiorniki ziemne), jak i zbiorniki związane z układami separacji była tym większa, im większy jest strumień zatłaczanej do otworu płuczki i tym większa, im większa jest planowana docelowa pojemność otworu. Od tej zasady nie ma właściwie wyjątków. Dodatkową rekomendacją może być zwrócenie szczególnej uwagi na projekty polegające na drążeniu otworów w aktywnych formacjach ilastych. Ten typ urobku jest trudny do rozdzielenia i stawia znacznie wyższe wymagania wobec zastosowanej konfiguracji sprzętu.

Technologia stosowana w wierceniach HDD zakłada, że lepkość płuczki musi być wystarczająca dla transportu w długim otworze kierunkowym, w którym odległość pomiędzy stropem otworu i jego dnem jest nieznaczna. Ponadto prace prowadzone są często w niestabilnych, przepuszczalnych i słabo skonsolidowanych formacjach. Implikuje to specyficzne zachowanie się takich płuczek w układach separujących. Niezależnie od typu zastosowanego urządzenia płuczki tego typu stanowią większe wyzwanie dla sit wibracyjnych (małe przyspieszenia), hydrocyklonów (średnie przyspieszenia), jak i wirówek dekantacyjnych (wysokie przyspieszenia) niż płuczki stosowane w wiertnictwie pionowym.

Słuszną zatem wydaje się idea przewymiarowania systemu separacji w stosunku do stosowanych wydatków pomp płuczkowych. Daje to szansę na wydłużenie czasu separacji, a tym samym zwiększenie jej dokładności. Przykła-

dowo: dla projektowanego wydatku przepływu 1000 l/min wydajność systemu separacji określona przez producenta nie powinna być mniejsza niż 1500 l/min. Mniejsze (kompaktowe) systemy separacji posiadają zwykle dwie komory w zbiorniku: „z brudną płuczką” zlokalizowaną pod sitem wstępnego oczyszczania i „z czystą płuczką”, zlokalizowaną pod mud cleanerem wyposażonym w jedną uniwersalną baterię hydrocyklonów. Jest to kompromisowe rozwiązanie, gdyż lejki pracują najpierw w trybie odpiaszczania, a dopiero po usunięciu frakcji grubszej zaczynają oddzielać pył. Wiąże się to ze stosunkowo szybkim zużyciem hydrocyklonów o małej średnicy. Większe, a zarazem bardziej rozbudowane układy, stosują co najmniej trzy stopnie separacji, rozdzielając funkcje separacji wstępnej, odpiaszczania i odmulania.

Jeśli firma nie korzystała dotąd z systemów separacji (lub ma w tym zakresie ograniczone doświadczenie), rekomendowane jest wypróbowanie systemu przed jego zakupem. Należy go wynająć, aby przekonać się, czy ma właściwy rozmiar oraz czy oferuje wszystkie wymagane funkcjonalności. Niezbędne jest też sprawdzenie, jakie warunki dostawy i gwarancji proponuje producent. Dla właściwego rozpoznania rynku pomocne mogą się też okazać kontakty z innymi użytkownikami podobnych systemów.

Komponenty

Pompa zasilająca

Elementem systemu separacji jest niewątpliwie szlamowa pompa zasilająca. Jest to kluczowy element wpływający na przepustowość całego układu. Stosuje się do tego celu pompy zanurzalne, półzanurzalne oraz samozasysające pompy umieszczane powyżej lustra płynu. Nominalna wydajność zasilającej pompy szlamowej powinna być wyższa niż nominalna przepustowość systemu separacji. Należy bowiem pamiętać, że do zbiornika, z którym współpracuje pompa szlamowa, trafia płuczka o zmiennej zawartości i o różnym charakterze fazy stałej. Różna też jest granulacja zwierzcin. Aby zapobiec przedostawaniu się do wirnika pompy zbyt dużych zwierzcin, należy wyposażyć ją w kosz odsiewający nie tylko kamienie, ale też duże agregaty ilaste czy torfowe.

Sita wibracyjne

Sita to urządzenia przesiewające, które dzięki ruchom wibracyjnym siatek oddzielają

zwierzcin o zadanych rozmiarach. Ze względu na przekrój płaszczyzny, w jakiej odbywa się ruch drgającej ramy sita, możemy wydzielić urządzenia o ruchu: kołowym, eliptycznym, liniowym (linearnym). Większość współczesnych systemów separacji wykorzystuje obecnie sita wibracyjne pracujące w trybie linearnym lub eliptycznym. Tryb linearny jest szczególnie użyteczny, kiedy chcemy szybko usunąć z sit ciężki urobek, stosując wysokie przyspieszenia. Dla uzyskania urobku o małej wilgotności wymagana jest przy tym znacząca długość sita. Tryb eliptyczny jest bardziej użyteczny przy separacji

Numer ekwiwalentny API	Zakres średnic dla parametru d_{100} wyrażony w μm
API 6	3075–3675
API 7	2580–3075
API 8	2180–2580
API 10	1850–2180
API 12	1550–1850
API 14	1290–1550
API 16	1090–1290
API 18	925–1290
API 20	780–925
API 25	655–780
API 30	550–655
API 35	462–550
API 40	390–462
API 45	327–390
API 50	275–327
API 60	231–275
API 70	196–231
API 80	165–196
API 100	137–165
API 120	116–137
API 140	98–116
API 170	82–98
API 200	69–82
API 230	58–69
API 270	49–58
API 325	41–49
API 400	35–41
API 450	28–35
API 500	22–28
API 635	18–22

TAB. 1. Gwarantowana zdolność do całkowitej separacji cząstek o określonym rozmiarze (d_{100}) skorelowana z ekwiwalentnym numerem API (wg spec. API RP 13C). Specyfikacja ważna dla siatek i paneli do sit wibracyjnych atestowanych wg procedur podanych w normie

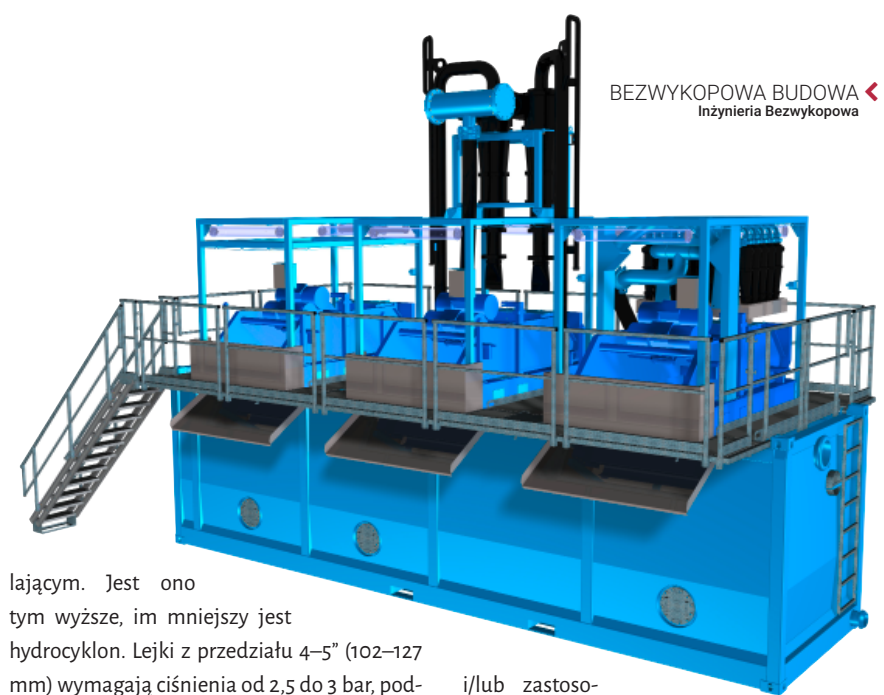
aktywnego chemicznie urobku ilastego. Istnieje grupa sit, które mogą pracować zarówno w jednym, jak i drugim trybie, a jego wyboru należy dokonać przed uruchomieniem sita.

Dobór wielkości oczek w siatkach lub panelach zakładanych na sito powinien być skorelowany ze spodziewaną frakcją fazy stałej dostarczanej do systemu separacji. Ważną zasadą jest stosowanie siatek (paneli) o coraz mniejszych oczkach na kolejnych sitach wibracyjnych wchodzących w skład układu separacji. Wielkość i kształt oczek (prostokątny lub kwadratowy), grubość drutu, przepuszczalność i skorelowana z nimi minimalna średnica separowanego ziarna, są skatalogowane w normie API RP 13C. Panel (siatka) opisany jest numerem API, definiującym zakres średnic ziarna, które przenika przez siatkę. Powiązany z tym jest parametr d_{100} określający największą średnicę ziarna (w mikronach), które w teście przesiewu na sucho przechodzi przez siatkę (lub najdrobniejsze ziarno jest odsiewane w 100% przez siatkę). Laboratoryjne metody zapisane w normie API RP 13C są dokładne i powtarzalne. Zaleca się stosowanie nowej nomenklatury API przy składaniu zamówień. Produkty różnych firm oznaczone tym samym numerem API powinny mieścić się w podanym przez normę zakresie separowanych zwierzcin.

Cechą konstrukcyjną sita jest jego powierzchnia przesiewania. Im większa, tym teoretycznie większą objętość możemy oczyścić i tym więcej fazy stałej odseparować. Nomenklatura API (d_{100}) pozwala ocenić, jaki rozmiar zwierzcin skutecznie odseparujemy lub, mówiąc inaczej, jakiego nie usuniemy z układu. W przypadku łączenia i sklejanie się ze sobą zwierzcin można odseparować także mniejszy rozmiar niż wynika z opisu siatki. Zwierzcin na sicie wibracyjnym przemieszczają się w warstwie o pewnej grubości. Również z tego faktu wynika możliwość separacji drobniejszych cząstek, jeśli skojarzone są one z górą warstwy. Ze względu na profil powierzchni przesiewania wyróżniamy płaskie konstrukcje panelowe oraz trójwymiarowe konstrukcje piramidalne. Zarówno w jednym, jak i drugim przypadku mamy do czynienia z dwoma lub trzema warstwami drucianych siatek, przy czym wierzchnia warstwa ma najdrobniejsze oczka i to ona determinuje specyfikację siatki (panelu). Stosowany w praktyce przemysłowej współczynnik sprawności sita oznacza przepustowość i jest efektem przewodności czynnej powierzchni sita.

Hydrocyklony

Hydrocyklony są urządzeniami służącymi do klasyfikacji (rozdzielania) fazy stałej z zawieszin, szlamów pod wpływem działania siły odśrodkowej. Działanie separujące urządzenia zachodzi przy tym w stosunkowo szerokim zakresie średnic cząstek stałych. Płyn wiertniczy z fazą stałą nadawany jest pod ciśnieniem do hydrocyklonu w sposób styczny do jego części cylindrycznej. Na skutek konstrukcji urządzenia i sposobu jego zasilania płyn nabiera ruchu wirowego i porusza się po tym torze wewnątrz urządzenia. Na zawieszono w płynie cząstki stałe (ziarna) oddziałuje siła odśrodkowa. Jest ona tym większa, im wyższe jest ciśnienie w układzie i im mniejsza jest średnica samego hydrocyklonu. Ziarna o rozmiarze skorelowanym z wielkością hydrocyklonu wynoszone są na zewnątrz spiralnej strugi i przesuwane w dół części stożkowej urządzenia. Zostają wraz z niewielką ilością płynu usunięte z hydrocyklonu przez jego dolną dyszę. Faza stała o mniejszym rozmiarze niż zdolność klasyfikacyjna hydrocyklonu odprowadzona jest ze zdecydowaną większością płynu górnym otworem wylotowym. Zastosowane w mud cleanerach hydrocyklony charakteryzowane są rozmiarem wyrażonym w calach: 4, 5, 6, 8, 10, 12 lub 15. Każdy rozmiar lejka (hydrocyklonu) skorelowany jest z potencjalnie najdrobniejszym ziarnem, jakie można w hydrocyklonie odseparować przy zadanym strumieniu przepływu. Średnica krytyczna ziarna (cut point) wyrażona w mikronach określana jest do warunków separacji fazy stałej z wody (lub cieczy o bardzo niskiej lepkości). Praktyka połowa wskazuje na pogorszenie się warunków dla separacji drobnej frakcji wraz ze wzrostem lepkości odwirowywanego szlamu. Cut point (graniczna średnica ziarna odseparowanego) dla lejków dużych (odpuszczacze) oscyluje pomiędzy 60 a 100 mikronami. Cut point dla lejków o mniejszych średnicach (odmulacze) pozostaje w zakresie 15–40 mikronów. Każdy z zastosowanych hydrocyklonów ma ściśle określone parametry pracy, które należy respektować. I tak, najmniejszy hydrocyklon 4" (102 mm) wymaga permanentnego przepływu na poziomie 200–280 l/min, hydrocyklon 10" (254 mm) powiązany jest z przepływem 1700–1900 l/min, a hydrocyklon 15" (381 mm) wymaga zasilania przekraczającego 2500 l/min. Poza przepływem należy zapewnić odpowiednie ciśnienie w rurociągu (manifoldzie) zasilającym. Jest ono tym wyższe, im mniejszy jest hydrocyklon. Lejki z przedziału 4–5" (102–127 mm) wymagają ciśnienia od 2,5 do 3 bar, podczas gdy lejki odpuszczające zadowolają się ciśnieniem od 1,5 do 2,5 bar. Przepływ i ciśnienie zapewniane są przez odpowiednio dobraną pompę zasilającą. Każda bateria powinna mieć swoją oddzielną pompę. Zarówno zbyt wysokie, jak i zbyt niskie ciśnienie pracy jest niekorzystne. Prowadzi bowiem albo do nadmiernego zużycia elementów wewnętrznych urządzeń separujących, albo do spadku ich wydajności (sprawności) działania.



lającym. Jest ono tym wyższe, im mniejszy jest hydrocyklon. Lejki z przedziału 4–5" (102–127 mm) wymagają ciśnienia od 2,5 do 3 bar, podczas gdy lejki odpuszczające zadowolają się ciśnieniem od 1,5 do 2,5 bar. Przepływ i ciśnienie zapewniane są przez odpowiednio dobraną pompę zasilającą. Każda bateria powinna mieć swoją oddzielną pompę. Zarówno zbyt wysokie, jak i zbyt niskie ciśnienie pracy jest niekorzystne. Prowadzi bowiem albo do nadmiernego zużycia elementów wewnętrznych urządzeń separujących, albo do spadku ich wydajności (sprawności) działania.

Wirówki dekantacyjne

W przypadku projektów realizowanych w aktywnych formacjach ilastych coraz powszechniejsze zastosowanie znajdują szybkoobrotowe wirówki dekantacyjne, wykorzystujące wspomaganie chemiczne. Ten typ separacji pozwala efektywnie zrzucić cząstki o rozmiarze koloidalnym i skontrolować fazę stałą na optymalnym poziomie. Zastosowanie wirówki dekantacyjnej jest aktualnie najbardziej skuteczną metodą walki z drobną fazą pylastą i w pełni zdyspergowanym item otworowym. Po wpięciu do układu wirówki o przepustowości sięgającej 30–40% spodziewanego wydatku pompy płuczkowej jesteśmy w stanie utrzymać w ryzach zarówno parametry płynu wiertniczego, jak i uzyskać niższe ciśnienie denne, poprawić postęp wiercenia oraz wpłynąć na większą żywotność pomp wysokociśnieniowych, armatury na wierni i wyposażenia wgłębnego. Zdarzają się sekcje otworu wiercone w warunkach, gdzie nie znajdujemy frakcji piaszczystej, a znacząca część pyłu ma rozmiar poniżej 20 mikronów. Standardowe metody separacji zawodzą, a spółce wiertniczej pozostają intensywne zabiegi zmierzające w kierunku inhibicacji płuczki, rozcieńczania i zrzucanie nadmiaru płynu wiertniczego

i/lub zastosowanie bardziej wyrafinowanych metod mechaniczno-chemicznego strącania fazy drobnej i koloidalnej.

Wirówka dekantacyjna jest szybkoobrotowym urządzeniem generującym bardzo wysokie przyspieszenie wobec separowanej fazy stałej. Zakres praktycznych prędkości obrotów bębna wynosi 1400–3600 obr./min. Przy tak wysokich prędkościach obrotowych wartość przyspieszenia wobec fazy stałej przekracza 3000 G, co daje możliwość odseparowania cząstek o rozmiarach około 5 µm bez stosowania stacji flokulacyjnej. Po zintegrowaniu ze stacją można osiągnąć wskaźnik całkowitego odseparowania frakcji koloidalnej poniżej 2 µm. Szybkoobrotowa wirówka dekantacyjna jest ostatnim elementem systemu separacji. Urządzenie powinno być poprzedzone kombinacją sit wibracyjnych i hydrocyklonów. Szlam wiertniczy jest włączany do obracającego się wnętrza bębna, w którym na skutek ekstremalnie wysokich przyspieszeń dochodzi do rozdziału drobnej frakcji pylastej i ilowej od strugi płynu. Wewnątrz ślimak, poruszający się w tym samym kierunku co bęben, ale z nieznacznie mniejszą prędkością obrotową, wypiera oddzielną od płynu fazę stałą w kierunku otworów zrzutowych. Po przeciwnej stronie bębna znajdują się regulowane porty, przez które wypływa płyn pozbawiony drobnej fazy stałej. Efektywność działania centryfugi może być kontrolowana przez kilka możliwych czynności korygująco-regulujących: zmiana przepływu przez wirówkę (regulacja pompy zasilającej), zmiana prędkości obrotowej bębna, zmiana prędkości różnicowej pomiędzy bębniem a ślimakiem oraz obróbka chemiczna płynu na wejściu do wirówki (flokulacja lub rozcieńczanie). Prędkość obrotowa bębna

Element systemu separacji	Przepustowość elementu (100% oznacza przepustowość systemu)	Podstawowy parametr techniczny	Uzupełniający parametr techniczny	Uwagi konstrukcyjne	Wymagany poziom kompetencji obsługi
Szlamowa pompa zasilająca system (pit slurry pump)	100–200%	przepływ, l/min; tolerancja na fazę stałą (mm); moc (kW)	wysokość podnoszenia (m); tolerancja na lepkość (mPas)	wymagana niezawodna konstrukcja heavy duty	umiarkowany
Zbiornik wielokomorowy	-	pojemność całkowita (m ³); pojemność poszczególnych komór (m ³)	geometrie rurociągów i armatury; komunikacja pomiędzy komorami	1. zapewniona właściwa kolejność (sekwencja) działania i możliwość komunikacji pomiędzy poszczególnymi segmentami 2. zdolność do sprostania założonym parametrom płuczki 3. jakość i ilość komponentów dostosowana do wymagań klienta; każda bateria hydrocyklonów zasilana oddzielną pompą 4. rekomendowane rozwiązanie Dual Motion na sitach wibracyjnych 5. zapewniona przepustowość wszystkich komponentów na założonym poziomie; wyznaczenie rezerwy na wypadek negatywnych scenariuszy 6. zapewniona skuteczność (dokładność) separacji na wymaganym poziomie 7. dostęp do wody na każdym z modułów systemu separacji 8. intuicyjna i ergonomiczna obsługa 9. możliwość regulacji i dostosowania parametrów pracy do zmiennych wymagań (elastyczność działania) 10. możliwość wykonania czynności obsługowych i serwisowych 11. wysoki poziom bezpieczeństwa dla obsługującego personelu; zamontowane podesty robocze, poręcze i oświetlenie 12. łatwe opróżnianie i czyszczenie układu 13. szybki i bezpieczny montaż i demontaż 14. ekonomiczny transport	umiarkowany
Sito wstępne (scalping shaker)	100–150%	powierzchnia przesiewania, [m ²]; przyspieszenie urobku (x G); tryb pracy (linearny lub eliptyczny)	wymiary liniowe (m); masa sita (kg); moc wibratorów (kW); ilość poziomów separacji (1 lub 2); możliwość zmiany kąta pochylenia (stopnie); sposób mocowania paneli (siatek)		wysoki
Pompa wirowa zasilająca hydrocyklony odpiaszczające (centrifugal pump)	150–200%	wydajność (l/min); moc silnika (kW)	tolerancja na fazę stałą (mm); wysokość podnoszenia (m); średnica wejście/wyjście (cale)		
Bateria hydrocyklonów odpiaszczających (desander)	150–200%	średnica (cale); przepustowość (l/min); ciśnienie robocze (bar); zdolność separacji (µm); wydajność zrzucanej masy (t/godz.)	typ hydrocyklonu: konwencjonalny (otwarty) lub VAC (zamknięty)		
Sito wibracyjne osuszające wypływ z odpiaszczacza (odwadniającego) (desander dewatering shaker)	Tylko tryb odwadniania (nie przepływu)	powierzchnia przesiewania (m ²); przyspieszenie urobku (x G); tryb pracy (linearny lub eliptyczny);	wymiary liniowe (m); masa sita (kg); moc wibratorów (kW); możliwość zmiany kąta pochylenia (stopnie); sposób mocowania paneli (siatek)		
Pompa wirowa zasilająca hydrocyklony odmulające (centrifugal pump)	150–200%	wydajność (l/min); moc silnika (kW)	tolerancja na fazę stałą (mm); wysokość podnoszenia (m); średnica wejście/wyjście (cale)		
Bateria hydrocyklonów odmulających (desilter)	150–200%	średnica (cale); przepustowość (l/min); ciśnienie robocze (bar); zdolność separacji (µm)	typ konstrukcji (otwarta, zamknięta)		
Sito wibracyjne osuszające wypływ z odpiaszczacza (odwadniającego) (desiler dewatering shaker)	tylko tryb odwadniania (nie przepływu)	powierzchnia przesiewania (m ²); przyspieszenie urobku (x G); tryb pracy (linearny lub eliptyczny)	wymiary liniowe (m); masa sita (kg); moc wibratorów (kW); możliwość zmiany kąta pochylenia (stopnie); sposób mocowania paneli (siatek)		
Pompa transferowa wytłaczająca	100–120%	wydajność (l/min); moc silnika (kW)	wysokość podnoszenia (m); średnica wejście/wyjście (cale)		
Wirówka dekantacyjna	25–50%	przepustowość nominalna (l/min); zakres obrotów bębna (obr./min); zdolność separacji (t/godz.)	tolerancja na fazę stałą (mm); moment obrotowy (Nm); moc silnika (kW); możliwość regulacji obrotów bębna		
Stacja flokulacyjna	-	pojemność zbiorników (m ³)	tempo dozowania roztworu flokulantu (l/min); tempo przygotowania roztworu flokulantu (l/min)		bardzo wysoki

TAB. 2. Cechy charakterystyczne poszczególnych komponentów systemu separacji faz

przekłada się na poziom przyspieszenia fazy stałej wewnątrz urządzenia oraz czas separacji (strącania fazy stałej). Zawartość wody w fazie stałej odrzuconej przez wirówkę może być regulowana m.in. przez prędkość różnicową. Wydajność pracy urządzenia limitowana jest przez dostępny moment obrotowy układu bęben–ślimak. Wirówka dekantacyjna wykorzystywana bez stacji flokulacyjnej nie będzie odrzucała cząstek zdyspergowanego bentonitu, gdyż ich rozmiary są wyraźnie mniejsze niż graniczne 5 µm.

Stacje flokulacyjne

Wirówki mogą, a nawet powinny współpracować ze stacjami flokulacyjnymi. Są to automatyczne lub półautomatyczne urządzenia służące do przygotowania roztworu flokulantu o określonym stężeniu i dozowaniu go do płuczki wiertniczej nadawanej do wirówki. Typ flokulantu, jego stężenie i proporcja, w jakiej miesza się go z płuczką obiegową, jest uzależniony zarówno od składu chemicznego samej płuczki, jak i typu fazy stałej pojawiającej się w wyniku procesu wiercenia. Dobór flokulantu i technologia jego wykorzystania powinny być powierzone specjalistycznemu serwisowi płuczki. Flokulacja jest procesem, w wyniku którego możemy uzyskać po odwirowaniu fazy stałej stosunkowo przejrzysty płyn o niskiej zawartości fazy stałej (lub bez fazy stałej), który może być użyty w dalszym procesie wiercenia lub zostać tanio zutylicowany. Spełnia bowiem kryteria związane z możliwością jego odprowadzania, np. do kanalizacji sanitarnej lub kanalizacji deszczowej. Flokulacja jest procesem, w którym dochodzi do agregacji cząstek koloidalnych (poniżej 5 µm) w większe struktury o rozmiarach rzędu 20 µm i więcej, które są na tyle duże, że

są podatne na odwirowanie w szybkoobrotowej wirówce. Impulsem destabilizującym zawieszoną koloidalną są na ogół polimery rozpuszczalne w wodzie. Pomimo że proces flokulacji jest dziś dobrze znany, wciąż prowadzone są badania mające na celu jego intensyfikację i optymalizację. Dla danych warunków procesu istnieje optymalna dawka flokulantu, dla której tworzenie się agregatów jest najbardziej efektywne. W dawce optymalnej do głosu dochodzi efekt mostkowania pomiędzy cząsteczkami zawiesziny. Cząstki koloidalne łączą się w większe zbiory cząstek, które podlegać mogą zjawisku sedymentacji i łatwemu odwirowaniu. Dodatkowym zyskiem płynącym z zastosowania flokulantów jest uzyskanie bardziej suchego urobku, który nie naraża na kłopoty z utylizacją. Tego typu urobek jest z łatwością ładowany na ciężarówkę. To z kolei przekłada się na koszty transportu, gdyż ciężarówka z racji małej wilgotności odpadu może być wykorzystana w całej swojej pojemności. W zależności od specyfiki projektu proces flokulacji może mieć charakter ciągły lub okresowy. Jest to uzależnione od tempa przyrostu drobnej fazy stałej w płuczce obiegowej.

Kompozycja płuczki a proces separacji

Istnieje rozbudowana literatura przedmiotu, która odnosi się do wpływu parametrów płuczki i jej składu na skuteczność i wydajność układów oczyszczania. Wraz ze wzrostem lepkości i zawartości fazy stałej efektywność separacji pogarsza się. Podobny efekt obserwujemy, kiedy w składzie płuczki pojawiają się długołańcuchowe (o dużym ciężarze cząsteczkowym) syntetyczne polimery, wykorzystywane jako inhibitory ilastej fazy stałej.

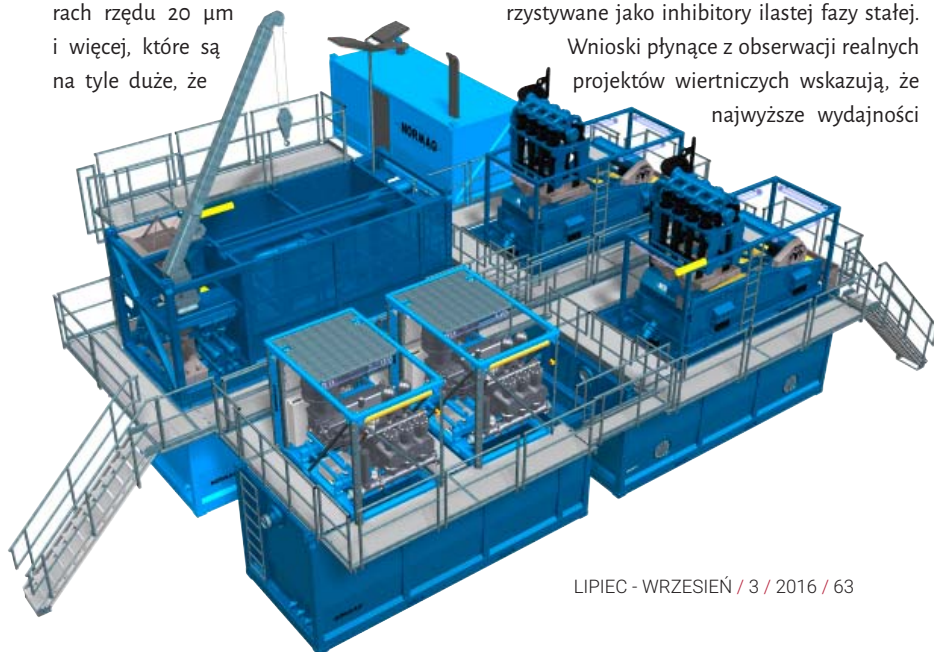
Wnioski płynące z obserwacji realnych projektów wiertniczych wskazują, że najwyższe wydajności

systemu separacji obserwujemy w przypadku stosowania płuczek o umiarkowanej lepkości i niskiej zawartości komponentów polimerowych (zarówno ekstenderów, inhibitorów, jak i koloidów ochronnych). Stoi to czasami w sprzeczności z koncepcją płuczki i wymaganiami, jakie stawiamy przed nią w procesie wiercenia. Istnieje przy tym wiele metod manipulacji, które pozwalają poprawić skuteczność rozdziału faz w urządzeniach mechanicznych. Należą do nich rozcieńczanie wodą przed i w trakcie procesu oczyszczania, obróbka chemiczna (inhibicja jonowa) czy stosowanie środków powierzchniowo czynnych. Z drugiej jednak strony nadmierna koncentracja detergentów w płuczce może wywołać efekt jej pienia i napowietrzania, negatywnie wpływając na działanie pomp wirowych, powszechnie stosowanych w układach płuczki. Polimery wpływające na wzrost lepkości i obniżenie filtracji mogą spowalniać proces przesiewania oraz blokować oczka siatek.

Obsługa i eksploatacja systemu separacji

System należy zmontować w miejscu realizacji projektu zgodnie z wytycznymi producenta, fabryczną instrukcją obsługi oraz według zaaprobowanych przez przemysł wiertniczy metod postępowania. Montażu powinien dokonać przeszkolony operator sprzętu. Należy połączyć wszystkie niezbędne kolektory i rurociągi zasilające, sprawdzić drożność hydrocyklonów i zamontować na sitach panele (siatki) o odpowiednich do przewidywanych warunków geologicznych parametrach. Przewidziane przez konstruktora sprzętu podesty i barierki powinny znaleźć się na swoich miejscach i zostać unieruchomione. Należy sprawdzić sprawność instalacji elektrycznej systemu i zapewnić jej zasilanie zgodnie z wytycznymi producenta.

Na początku operacji system powinien zostać wypełniony czystym płynem dla sprawdzenia poprawności działania wszystkich jego elementów oraz szczelności układu. Przed wprowadzeniem do systemu płuczki zanieczyszczonej (obciążonej fazą stałą) należy włączyć wszystkie sita wibracyjne zamontowane w systemie i zwilżyć powierzchnie ich siatek (paneli) wodą. W następnym kroku uruchomić kolejno pompy wirowe zasilające baterie hydrocyklonów i sprawdzić poprawność ich działania (przepływ/cięśnienie). Następnie uru-



chomić należy pompę ziemną, która podaje płuczkę z fazą stałą na wibrujące sito wstępne. Konieczne jest też wyregulowanie wydajności pompy szlamowej dla uzyskania oczekiwanej wydajności systemu (nie mniejszej niż zakładany wydatek wysokociśnieniowej pompy płuczkowej). Szlam wiertniczy przechodzi przez kolejne sekcje systemu oddzielającego od niego coraz drobniejsze ziarno. Napływający szlam powoduje usuwanie ze zbiornika płuczki oczyszczonej. Służy do tego celu pompa transferowa zintegrowana z komorą czystej płuczki. Należy zapewnić odpowiednią równowagę pomiędzy strumieniem płuczki napływającej do recydingu a strumieniem płuczki z niej wytłaczanej. Ze względu na separowaną fazę stałą ilość płuczki na wejściu będzie większa od tej na wyjściu z układu. Uzupelnienie do wymaganej objętości odbywa się poprzez dodanie wody. Zaleca się, o ile to możliwe, pracę z zastosowaniem czujników zabezpieczających zbiornik przed nadmiernym opróżnieniem oraz przed przepełnieniem. Czujniki te sterują pracą pompy ziemnej i pompy transferowej. Tryb automatyczny może być stosowany w standardowych warunkach pracy. Z trybu manualnego korzystamy w przypadku anomalii związanych ze zmienną zawartością fazy stałej i/lub zmienną lepkością cyrkulującej płuczki.

Po pierwszych kilku obiegach należy sprawdzić metodami laboratoryjnymi skuteczność procesu oczyszczania, w tym ustalić zawartość fazy stałej rezydualnej (w tym frakcji piaskowej) w płuczce oczyszczonej oraz jakość uzyskiwanego urobku (jego dystrybucja i wilgotność). Instrukcja wiercenia powinna określać częstotliwość wykonywania testów laboratoryjnych na szlamie, płuczce oczyszczonej, a także na fazie stałej odseparowanej.

Pochodną po analizach ilościowych i jakościowych powinien być możliwie najdokładniejszy bilans masy oraz bilans objętości. Nie należy ufać jedynie własnym oczom. Nawet najbardziej doświadczony inżynier czy technik płuczkowy powinien wspierać się standardowymi testami i pomiarami dla uniknięcia efektu niedoszacowania bądź przeszacowania aktualnej sytuacji otworowej. Analiza fazy stałej jest jednym z filarów oceny jakości wierconego otworu. Stanowi ponadto użyteczne narzędzie do wykrywania potencjalnych zagrożeń wynikających z dynamicznie zmieniających się warunków wiercenia.

System separacji jest najkorzystniejszym miejscem dla dozowania wody do systemu płuczkowego. Wodę stosujemy do przemywania sit wibracyjnych oraz do rozcieńczania płuczki dla uzyskania lepszego efektu separacji. Odbudowanie lepkości płuczki, a także innych parametrów, powinno się odbywać w zbiorniku aktywnym (poza układem separacji), w którym mamy możliwość kondycjonowania płuczki przez dodatek materiałów strukturotwórczych (w tym bentonitu) i/lub inhibitorów.

Należy zadbać o to, aby urobek był zrzuwany albo do szczelnych kontenerów, albo do specjalnie przygotowanego zbiornika ziemnego. Tempo usuwania urobku z cyrkulującej płuczki będzie wymuszało sukcesywną jego utylizację. Sposób utylizacji odseparowanej fazy stałej (a także pozostałego po procesie wiercenia szlamu) powinien zostać precyzyjnie wskazany w projekcie wykonawczym i uwzględnić przepisy oraz regulacje prawne odnoszące się do tego zagadnienia. Za właściwe udokumentowanie bezpiecznego zdeponowania urobku odpowiedzialny jest wykonawca robót wiertniczych.

W przypadku stwierdzenia podwyższonej koncentracji fazy stałej w płuczce opuszczającej system separacji, należy przerwać proces i przeprowadzić inspekcję stanu technicznego urządzenia. Dotyczy to zarówno stopnia zużycia siatek na sitach, jak też drożności hydrocyklonów i jakości ich pracy. Siatki uszkodzone należy wymienić lub poddać naprawie, o ile to możliwe. Siatki niedopasowane do warunków geologicznych trzeba zastąpić właściwymi. Kilka razy na zmianę roboczą konieczne jest też intensywne przemycie powierzchni siatek (paneli). W przypadku występowania niskich temperatur należy zabezpieczyć system przed ich wpływem. Przed dłuższymi przerwami w robotach wiertniczych urządzenie musi zostać opróżnione i umyte.

Ważne jest także zwracanie uwagi na efekt blokowania się oczek w siatkach sit i obniżanie tym samym sprawności systemu. Blokowanie to może wiązać się z mechanicznym zamknięciem oczka przez ziarno fazy stałej o tym samym rozmiarze lub też z pojawieniem się polimerowej warstwy wynikającej z obecności w płuczce pewnego typu polimerów. Zalecany jest aktywny monitoring systemu i właściwa selekcja stosowanych paneli (siatek).

Systemy płuczkowe zawierają wiele części

ruchomych i nieruchomych, które wymagają stałej kontroli, dozoru i wykonywania czynności obsługowych, aby utrzymać je w należytym stanie technicznym i sprawności. Uwagi te dotyczą także elementów składowych systemów separacji: sit wibracyjnych, pomp wirowych, hydrocyklonów. Brak odpowiedniej dbałości o powierzony nam system może skutkować nie tylko spadkiem efektywności działania, ale także doprowadzić do awarii maszynowej samego systemu, jak i sprzętów z nim stowarzyszonych. Co ciekawe, niektóre elementy mogą pracować w trybie niemalże bezobsługowym (np. wibratory zamontowane na sitach wibracyjnych), inne wręcz przeciwnie – wymagają ciągłej inspekcji i prac konserwacyjnych: smarowanie łożysk, regulacja uszczelnień, czyszczenie, naprawa i wymiana paneli na sitach, utrzymywanie drożności hydrocyklonów. Konieczne jest zatem zgromadzenie odpowiedniego zapasu części wymiennych i materiałów eksploatacyjnych, które umożliwią nam ciągłą pracę systemu bez kosztownych przestoju technologicznych. Jeśli wymogiem kontraktu jest konieczność pracy w warunkach niebezpiecznych (środowisko zagrożone eksplozją), należy zadbać o odpowiednią specyfikację komponentów systemu płuczkowego oraz certyfikację techniczną. To samo dotyczy wymagań wobec zasilania.

Testy sprawności działania systemu

Wydajność systemu separacji mierzona jest strumieniem oczyszczonej płuczki (objętością w jednostce czasu) przy zadanych parametrach technologicznych, takich jak lepkość, zawartość fazy stałej na wejściu, zawartość fazy stałej na wyjściu, zawartość rezydualnie określonej frakcji. Poszczególne podstawowe elementy systemu (sita, pompy cyrkulacyjne, hydrocyklony) powinny charakteryzować się wyższą wydajnością niż deklarowana wydajność całego układu. Powinny być przy tym prawidłowo skorelowane. W trakcie pracy z systemem operator wykonuje szereg czynności sprawdzających, mających określić sprawność działania układu. Do wymaganych parametrów mierzonych należą: ciężar właściwy płuczki wejściowej i wyjściowej, zawartość piasku na wejściu i wyjściu, profil lepkościowy płuczki wyjściowej, zawartość wody w urobku zrzuconym poza układ separacji. Do wymaganych parametrów kontrolowanych (monitorowanych) należą: strumień płuczki na

wejściu do układu, ilość wody wprowadzanej do układu płuczkowego w obrębie systemu separacji, objętość fazy stałej odseparowanej przeliczona na suchą masę, ciśnienie w rurociągach zasilających hydrocyklony, zachowanie się fazy stałej na sitach wibracyjnych i kontrola stanu technicznego siatek (paneli) zamontowanych na sitach.

Literatura

- [1] API Recommended Practice 13C. Fifth Edition 2014.
- [2] Baker Hughes Drilling Fluids: Drilling Fluids Reference Manual – revised edition 2006.
- [3] Drilling Fluids Processing Handbook: Elsevier Inc. London, 2005.
- [4] M-I Drilling Fluids: Solids Control, Cuttings Management and Fluids Processings.
- [5] Osikowicz R.: Krytyczne funkcje płynów wiertniczych. Inżynieria Bezwypokopowa, 1/2005.
- [6] Osikowicz R.: Rynek płynów wiertniczych. Inżynieria Bezwypokopowa, 4/2013.
- [7] Osikowicz R.: Tendencje obserwowane w rozwoju HDD w Polsce i na świecie. Referat wygłoszony w trakcie XII Konferencji Inżynierii Bezwypokopowej w Krakowie, 11 czerwca 2014 r.
- [8] Osikowicz R.: Zarządzanie jakością otworu wiertniczego. Inżynieria Bezwypokopowa, 1/2015.
- [9] Osikowicz R.: Ocena aktualnego stanu techniki HDD w Polsce. Referat wygłoszony w trakcie XIII Konferencji Inżynierii Bezwypokopowej w Krakowie, 10 czerwca 2015.
- [10] Osikowicz R. Zamknięty obieg płuczkowy cz. I i II. Inżynieria Bezwypokopowa, 1/2016 oraz 2/2016.
- [11] Petiet R.: Closed-loop Mud Systems in HDD Technology. Referat wygłoszony w trakcie II Seminarium Technicznego ROE w Krakowie, grudzień 2015.
- [12] Shale Shakers and Drilling Fluids Systems. American Association of Drilling Engineers, Texas 2014.

Personel

Systemy oczyszczania płuczki są efektywne i działają sprawnie, jeśli są obsługiwane przez doświadczony i wykwalifikowany personel. Zrozumienie zasady działania całego systemu, a także poszczególnych jego elementów, zrozumienie relacji zachodzącej pomiędzy parametrami płynu wiertniczego

a wydajnością procesu, doskonalenie metod obróbki i manipulacji, to cel, do którego powinna dążyć zarówno spółka wiertnicza, jak i wspierające ją firmy serwisowe. Nawet najlepsze komponenty nie będą skutecznie (optymalnie) działać, jeśli osoby je obsługujące nie są odpowiednio wyszkolone i wtajemniczone w tajniki procesu.

Podsumowanie i wnioski praktyczne

Na podstawie wieloletniego doświadczenia w zakresie techniki HDD z różnymi typami systemów (układów urządzeń) separujących, można sformułować szereg uniwersalnych tez. Ich udowodnienie pozostawiamy zainteresowanym czytelnikom.

- ✓ Systemy rozdzielu faz należy traktować jako obowiązkowe do zastosowania w projektach wiertniczych o dużej i średniej skali (HDI powyżej 5000 pkt). W projektach małych decyzja o ich zastosowaniu powinna być podjęta po przeprowadzeniu analizy technicznej i ekonomicznej. Czynniki związane z oddziaływaniem procesu wiertniczego na środowisko powinny mieć istotny udział w procesie decyzyjnym.
- ✓ Budowę złożonego systemu separacji należy powierzyć wyspecjalizowanemu producentowi o ugruntowanej pozycji.
- ✓ Im wyższa jakość zastosowanych komponentów, tym potencjalnie wyższa jest przepustowość i skuteczność działania systemu separacji.
- ✓ Jakość komponentów nie wyczerpuje jednak procesu projektowania układu. Ich dopasowanie wzajemne oraz komunikacja pomiędzy innymi, a także wewnątrz logika systemu, są równie istotne.
- ✓ Sedymentacja grawitacyjna może być uznana jedynie za wstępną i pomocniczą metodę rozdzielu faz.
- ✓ Pełnowymiarowe systemy separacji muszą składać się przynajmniej z trzech lub czterech stopni, w tym separacji wstępnej i dwóch stopni bazujących na mud cleanerach.
- ✓ Konwencjonalne systemy separacji, bazujące na sitach wibracyjnych i hydrocyklonach, są w stanie oddzielić cząstki

nie mniejsze niż 25–40 mikronów. Jest to przy tym silnie uzależnione od lepkości płuczki.

- ✓ Dla usunięcia z systemu drobniejszej niż 25 mikronów fazy stałej potrzebne jest użycie wirówek dekantacyjnych lub pras filtracyjnych.
- ✓ Dla usunięcia z systemu fazy koloidalnej niezbędne są chemiczne metody strącania (koagulacja, flokulacja i inne pokrewne).
- ✓ Fachowe zarządzanie drobną fazą stałą daje spółce wiertniczej bardzo wymierne (policzalne) korzyści.
- ✓ Wydajność (przepustowość) systemu separacji powinna być bezwzględnie wyższa od zaprojektowanego wydatku wysokociśnieniowej pompy płuczkowej.
- ✓ Nawet najlepiej zaprojektowany układ separacji faz wymaga fachowej obsługi i przeglądów technicznych zgodnie ze wskazówkami producenta.
- ✓ Personel techniczny, nadzorujący pracę układu płuczkowego, powinien mieć wymagane doświadczenie i kwalifikacje.
- ✓ Ze względu na lawinowo wzrastające koszty utylizacji odpadów wiertniczych pojawia się zapotrzebowanie na systemy separacji o dużych przepustowościach.

Skuteczność działania systemu separacji jest kluczowa z punktu widzenia ekonomiki wiercenia. Jego selekcja w kontekście danego projektu jest nie mniej ważna niż wybór urządzenia wiertniczego. W następnej, ostatniej części artykułu, poddamy analizie czynniki ekonomiczne mające wpływ na decyzję: wynająć czy kupić? Albo mówiąc inaczej: co warto kupić, a który sprzęt od czasu do czasu wynajmować? Jak zadbać przy tym o odpowiednie warunki gwarancji i dostępność serwisu? <