



Fot. Robert Osikowicz Engineering

# Zamknięty **obieg płuczkowy**

## CZĘŚĆ IV: PODSTAWY EKONOMIKI PROCESU. DYLEMATY SPÓŁKI WIERTNICZEJ



**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.

Jak wygląda ekonomiczna strona procesu wiercenia otworów kierunkowych HDD związana z kosztami ponoszonymi pośrednio lub bezpośrednio przez wykonawcę robót w obszarze płynów wiertniczych? Część czwarta cyklu artykułów omawiających zamknięty obieg płuczkowy została poświęcona symulacji ponoszonych wydatków inwestycyjnych i realnych kosztów płuczkowych dla trzech grup potencjalnych projektów. W celu przeprowadzenia takiej symulacji wykorzystany został specjalny model, umożliwiający taką analizę

## Koszty – za co płacimy?

Istnieje błędne wyobrażenie nt. kosztów ponoszonych w zakresie materiałów płuczkowych. Wyobrażenie to jest dosyć skutecznie zakorzenione w umysłach ludzi zajmujących się tym rodzajem biznesu. Zawiera się ono w domniemaniu, że ponoszone obciążenia finansowe mają głównie źródło w wartości konsumowanych materiałów płuczkowych (woda, bentonit, materiały specjalnego przeznaczenia), w kosztach obsługi urządzeń płuczkowych (koszty pracy), w kosztach paliwa niezbędnego do napędzenia elementów układu oraz, co przynajmniej z dużą dozą niechęci, w kosztach utylizacji wyprodukowanego szlamu wiertniczego. Tak wyceniony „problem płuczkowy” nie zawiera wielu innych istotnych elementów. Wśród tych najważniejszych znajdują się koszty: pozyskania sprzętu (zakup, najem); obsługi finansowej inwestycji (kredyt, leasing, ubezpieczenie); rozłożenia na kilka lat amortyzacji „kosztownego” urządzenia; obsługi serwisowej; doradztwa w obszarze technologii płynów wiertniczych; wynikające ze szkoleń w zakresie fachowej obsługi sprzętu; typowych części eksploatacyjnych (wymennych) itd. Już sama pobieżna analiza wskazuje, że problem jest bardziej złożony niż nam się wydaje.

## Zamknięty obieg w kontekście skali realizowanego projektu

Zacznijmy od rozróżnienia, które grupy kosztów są nie do uniknięcia w procesie wiercenia, a które można uznać za opcjonalne. Niezbędna wydaje się infrastruktura do przygotowania płynu wiertniczego (zbiornik płuczkowy z pompami cyrkulacyjnymi i lejem płuczkowym wyposażonym w zwężkę Venturi); pompa wysokiego ciśnienia, tłocząca płuczkę do

otworu oraz urządzenia do utylizacji szlamu wypływającego z otworu. Ten sprzęt spółka wiertnicza może posiadać na własność lub wynajmować. Jak wynika z dalszej części artykułu, od pewnej klasy projektu, powiązanej ściśle z geometrią otworu (długość, głębokość, średnica), a także ze zwiercalnością formacji geologicznej, koszty poniesione na produkcję i utylizację płuczki stają się nadmierne, a nawet nieakceptowalne. Przekroczenie poziomu 30% ponoszonych całkowitych kosztów powinno być sygnałem dla spółki wiertniczej, że płuczką (fazą stałą, szlammem) należy zarządzać w odmienny sposób. Ten sposób polega na takiej konfiguracji układu płuczkowego, która umożliwi cyrkulowanie w układzie zamkniętym. Do układu podstawowego dochodzą więc pompy szlamowe, rurociągi transferowe, urządzenia do mechanicznej separacji faz, opcjonalne zbiorniki do buforowania i kondycjonowania płuczki. Bazując na wprowadzonym przez ROE podziale projektów wg wskaźnika HDI (*Hole Difficulty Index*), będącego iloczynem długości otworu wyrażonej w metrach i średnicy rurociągu wyrażonej w calach, można wyodrębnić projekty małe (HDI < 5000), średnie (5000–10 000), duże (10 000–20 000) i bardzo duże (HDI > 20 000). Podział ten jest adekwatny do skali polskiego rynku i „korzysta” z dotychczasowych doświadczeń spółek wiertniczych.

W tab. 1 zaprezentowano wartość wskaźnika HDI dla typowych stosowanych w technice HDD średnic rurociągów. Czterema kolorami wyodrębniono zakresy stopnia trudności. W projektach małych (HDI < 5000) dominującą tendencją jest brak stosowania zamkniętego obiegu, chociaż, jak wynika z analiz ekonomicznych, projekty z przedziału 2500–3500 wykazują poprawę efektywności działania przy zastosowaniu mechanicznej kontroli fazy

TEMATYKA ARTYKUŁU:

**Koszty**  
kupna i wynajmu

**Sprzęt**  
nowy a używany

**Opłacalność**  
zamknięcia obiegu  
płuczkowego

**Ryzyko**  
inwestycyjne

	100	150	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1500
6"	600	900	1200	1800	2400	3000	3600	4800	6000	7200	9000
8"	800	1200	1600	2400	3200	4000	4800	6400	8000	9600	12 000
10"	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000	8000	10 000	12 000	15 000
12"	1200	1800	2400	3600	4800	6000	7200	9600	12 000	14 400	18 000
14"	1400	2100	2800	4200	5600	7000	8400	11 200	14 000	16 800	21 000
16"	1600	2400	3200	4800	6400	8000	9600	12 800	16 000	19 200	24 000
20"	2000	3000	4000	6000	8000	10 000	12 000	16 000	20 000	24 000	30 000
24"	2400	3600	4800	7200	9600	12 000	14 400	19 200	24 000	28 800	36 000
28"	2800	4200	5600	8400	11 200	14 000	16 800	22 400	28 000	33 600	42 000
32"	3200	4800	6400	9600	12 800	16 000	19 200	25 600	32 000	38 400	48 000
36"	3600	5400	7200	10 800	14 400	18 000	21 600	28 800	36 000	43 200	54 000
40"		6000	8000	12 000	16 000	20 000	24 000	32 000	40 000	48 000	60 000
48"			9600	14 400	19 200	24 000	28 800	38 400	48 000	57 600	72 000
56"				16 800	22 400	28 000	33 600	44 800	56 000	67 200	84 000

TAB. 1. Korelacja współczynników trudności otworu z parametrami geometrycznymi instalacji

HDI < 5000
5000 < HDI < 10 000
10 000 < HDI < 20 000
HDI > 20 000

stałej (rozdział faz). Firmy jednak, w większości przypadków, wolą utylizować jednorazowo wykorzystany płyn. Wykonawcy robót wiertniczych starają się przy tym na poziomie podpisanego kontraktu przenieść na swojego klienta (zamawiającego usługę) koszty i konsekwencje związane z utylizacją płuczki. Dla projektów z przedziału 5000–10 000 punktów wyraźnie widać zarysowującą się przewagę obiegu zamkniętego nad otwartym. Warto przy tym wspomnieć, że w tym przedziale obieg zamknięty jest bezwarunkowo bardziej opłacalny, jeśli weźmie się pod uwagę rzeczywiste (a nie zaniżone) koszty utylizacji. W historii polskiego HDD zdarzało się realizować projekty z trzeciej grupy trudności (10 000–

20 000) bez użycia obiegu zamkniętego. Każdorazowo jednak notowano nadmierne i nieuzasadnione koszty płuczkowe, a jakość otworu była co najwyżej przeciętna. W tym zakresie projektów nie powinny być dopuszczalne do realizacji zadań spółki nie deklarujące mobilizacji zamkniętego, sprawnie działającego obiegu płuczkowego. W segmencie projektów bardzo dużych (HDI >20 000) nie spotyka się obecnie w Polsce przypadków omijania zamkniętych układów płuczkowych. Wydaje się wręcz nieprawdopodobne, aby dla obecnego poziomu cen można było uzyskać korzystny wynik finansowy z realizacji kontraktu w sposób uproszczony, bez prawidłowego zagospodarowania płuczki.

## Ile naprawdę to kosztuje?

Przed wdrożeniem projektu polegającego na inwestowaniu w zamknięty obieg płuczkowy (zakup, rozbudowa, modernizacja), należy ustalić, jakie środki trzeba ponieść i pod jakimi warunkami można liczyć na korzyści. Rozważaną inwestycję trzeba zbadać pod kątem jej efektywności, stosując do tego celu analizę opłacalności. Zgadza się ze stwierdzeniem, że kto się nie rozwija, ten nie stoi w miejscu, ale się cofa. Nie sztuka jednak ponieść koszty związane z nowym projektem, sprzętem, wyposażeniem. Trzeba umieć odpowiedzieć sobie na minimum trzy pytania: czy warto angażować się w projekt, jakie ryzyko wiąże się z jego realizacją oraz czy i kiedy on (ono)

Typ sprzętu	Sprzedaż	Miesięczna amortyzacja (dla cyklu 5 lat)	Dzienna amortyzacja dla projektu (projekty stanowią 50% całkowitego czasu amortyzacji)	Najem (koszt miesięczny)	Najem (koszt dzienny)
System separacji 500 l/min	40 000–65 000 EUR	670–1080 EUR	45–72 EUR	2400–3600 EUR	80–120 EUR
System separacji 1000 l/min	100 000–130 000 EUR	1666–2166 EUR	110–142 EUR	5000–7000 EUR	160–235 EUR
System separacji 1500 l/min	170 000–200 000 EUR	2833–3333 EUR	186–219 EUR	7000–9000 EUR	266–300 EUR
System separacji 2000 l/min	220 000–260 000 EUR	3666–4333 EUR	241–285 EUR	9000–12 000 EUR	300–400 EUR
System separacji 2500 l/min	280 000–350 000 EUR	4666–5833 EUR	307–383 EUR	13 000–16 000 EUR	433–533 EUR
Wirówka dekantacyjna 1000 l/min				10 000–15 000 EUR	350–500 EUR
Zaawansowany system przygotowania płuczki 20 ft	100 000–150 000 EUR	1660–2500 EUR	110–165 EUR	6000–8000 EUR	200–266 EUR
Zbiornik buforowy 20 ft	50 000–80 000 EUR	830–1333 EUR	54–88 EUR	3000–4000 EUR	100–133 EUR
Pompa wysokociśnieniowa 1500 l/min	150 000–190 000 EUR	2500–3166 EUR	165–208 EUR	7500–9000 EUR	250–300 EUR
Pompa wysokociśnieniowa 2500 l/min	220 000–280 000 EUR	3666–4666 EUR	240–307 EUR	12 000–15 000 EUR	400–500 EUR

TAB. 2. Ceny wybranego sprzętu płuczkowego (sprzedaż/wynajem) dla technologii HDD w Europie



się zwrócić? Decyzja o rozpoczęciu inwestycji wymaga analizy rynku urządzeń płuczkowych, ze szczególnym uwzględnieniem sprzętu służącego mechanicznej separacji faz, tłokowych pomp wysokociśnieniowych oraz pomp służących do tłoczenia szlamu. Rozpoznanie potencjalnych źródeł dostaw, zarówno dla sprzętu w opcji zakupu, jak i sprzętu w opcji najmu, pozwoli lepiej przygotować się do stworzenia planu inwestycyjnego. W tab. 2 przedstawione zostały uśrednione koszty zakupu i/lub najmu poszczególnych typów urządzeń płuczkowych wchodzących w skład zamkniętego obiegu. Ceny pochodzą z analizy ofert dla rynku europejskiego.

Jak wynika z tab. 2, koszty najmu zawsze są wyraźnie wyższe niż koszty amortyzacji w ujęciu 5-letnim czy rat leasingowych w horyzoncie 3-letnim. Jest to zrozumiałe i wynika ze specyfiki najmu realizowanego tylko w okresach aktywności wiertniczej (praca) i niepotrzebnego w okresie przestoju (standby). Analizując stawki dzienne dla najmu krótkookresowego (miesiąc) i długookresowego (co najmniej sześć miesięcy) można wykazać, że wartości te różnić się będą o około 10–15% na korzyść kontraktów długoterminowych.

## Kiedy opłaca się zamknąć obieg płuczkowy?

Najprościej rzecz ujmując, dzieje się tak wtedy, kiedy całkowite koszty ponoszone na wyprodukowanie, skuteczne wpompowanie do otworu oraz koszty utylizacji zaczynają przewyższać całkowite koszty płuczkowe, ponoszone przy prawidłowo skonfigurowanym obiegu zamkniętym. Opłaca się także wtedy, kiedy dzięki zabiegom technologicznym podwyższamy jakość tworzonego otworu i obniżamy jednocześnie ryzyko niepowodzenia projektu. Posiadając obieg zamknięty, łatwiej przezwyciężyć problemy wiertnicze i nie być przy tym narażonym na permanentną presję kosztów jednorazowo wykorzystanej płuczki. W tab. 2 prezentowane są potencjalne koszty płuczkowe, ponoszone przez wykonawcę instalacji metodą HDD w trzech kategoriach sprzętu wiertniczego: mini, midi oraz maxi. Dla każdej z wymienionych grup sprzętu zastosowano symulację wynikającą z parametrów typowego dla nich projektu. Relacje pomiędzy długością otworu i głębokością posadowienia instalacji zostały przyjęte na podobnym poziomie (MD:TVD około 28). Dzien-

ne koszty prawidłowego zamknięcia obiegu zostały wycenione następująco: od 1000 zł dla maszyn małych, poprzez 3000 zł dla maszyn średnich aż do 6000 zł w przypadku przepustowości systemu sięgającej 2000 l/min. Poprzez koszty zamknięcia obiegu rozumiemy tutaj koszty zastosowanych urządzeń, koszty energii i personelu. Zaprezentowana symulacja powinna być traktowana tylko jako model, do którego można stosować własne wartości, wyceny, wskaźniki.

---

HDI (Hole Difficulty Index)  
wskaźnik wykorzystywany  
w zakresie podziału  
projektów, będący iloczynem  
długości otworu wyrażonej  
w metrach i średnicy  
rurociągu wyrażonej w calach

---

W analizie zastosowano szereg założeń, które każdy musi indywidualnie zweryfikować. Założono m.in., że koszty pozyskania wody sięgają 10 zł za każdy 1 m<sup>3</sup>. Jest to bardzo prawdopodobne w projektach, gdzie woda nie jest dostępna na miejscu i należy ją dowozić. W przypadku maszyn wiertniczych klasy mini dowóz wody wiąże się z przerwaniem cyklu wiertniczego. Ujednolicone koszty bentonitu zostały ustalone na poziomie 60 zł na każdy 1 m<sup>3</sup> sporządzonej płuczki, przy czym założono wykorzystanie bentonitu wysokoaktywowanego w koncentracji 3% dla projektu małego i średniego oraz bentonitu średnioaktywowanego w koncentracji 4,5% dla projektu dużego. Dodatkowe koszty polimerów czy inhibitorów zostały wyodrębnione. Koszt utylizacji szlamu oszacowano na średnim poziomie 80 zł za 1 m<sup>3</sup> szlamu. Objętości utylizowanego szlamu skalkulowano przy założeniu efektu szczelnego otworu (umiarkowany lub niski zanik wgłębny). Wskaźnik technologiczny, ustalający proporcje objętości wykorzystanej płuczki do objętości generowanego urobku, został wskazany na podstawie doświadczeń rynku wiertniczego w zakresie wykonywania

otworów wiertniczych, zarówno w warstwach niespoistych (piasek), jak i kohezyjnych (gлина, ił). Wskaźnik ten obejmuje także te operacje wiertnicze, w których nie dochodzi do powiększania otworu (kalibracja i instalacja). Zakłada się domyślnie, że koncentracja fazy stałej w trakcie wiercenia otworu pilotowego jest niższa niż w trakcie jego poszerzania. Koszty wykorzystania urządzeń wiertniczych w poszczególnych klasach zostały przyjęte na podstawie doświadczenia autora. Koszty te mogą odbiegać od normy w przypadku napotkania wyjątkowo złożonych warunków geologicznych, do których zaliczamy m.in. lite skały o znacznej wytrzymałości na ściskanie czy aktywne iły mioceńskie. Oszacowany potencjalny zysk jest zależny od sprawności działania spółki wiertniczej (tempa prowadzonych robót). Zakłada się, że zysk brutto spółki wiertniczej wynikający z realizowanego zadania nie powinien być niższy niż 1000 zł za 1 m<sup>3</sup> zainstalowanego rurociągu w przypadku instalacji z tworzywa HDPE i 1500–2000 zł za 1 m<sup>3</sup> zainstalowanego rurociągu w przypadku instalacji rur stalowych. Nie należy zapominać, że budżet projektu został przyjęty na stosunkowo optymistycznym poziomie, powyżej średniej obserwowanej obecnie na polskim rynku wiertniczym.

## Kupić czy wynająć?

Wiele spółek wiertniczych przeżywa dylemat dotyczący zakupu czy wynajmu elementów zamkniętego obiegu płuczkowego. Rozwiązanie tego problemu nie jest proste. Istnieją bowiem racjonalne argumenty za i przeciw, które można rozważyć i poddać chłodnej ocenie. Są też jednak nie dające się wycenić elementy, które należy wziąć pod uwagę.

## Za i przeciw opcji zakupu

Odpowiedzmy sobie na pytanie, dlaczego chcemy kupić sprzęt służący zamknięciu obiegu płuczkowego? Po pierwsze dlatego, że na rynku funkcjonują firmy, które już je posiadają i osiągają dzięki temu zadowalające wyniki finansowo-technologiczne. Po drugie, coraz bardziej rygorystyczne stają się przepisy mówiące o ochronie środowiska. Po trzecie, coraz trudniej jest legalnie zutylizować szlam, nie narażając się na horrendalne koszty. Po czwarte, coraz mniej inwestorów bierze na siebie problem utylizacji odpadów wraz ze wzrostem ich świadomości technologicznej i rozumie-

Kategoria projektu	Projekt mały		Projekt średni		Projekt duży	
Budżet	80 000 zł		450 000 zł		1 800 000 zł	
Rurociąg	HDPE: 315 mm		stal: 508 mm		stal: 711 mm	
Długość MD	300 m		500 m		700 m	
Głębokość TVD	11 m		18 m		25 m	
Wskaźnik MD : TVD	28		28		28	
Geologia	piasek		piasek/glina		glina/łt	
Wskaźnik HDI	3720		10 000		19 600	
Typ obiegu płuczkowego	Obieg otwarty	Obieg zamknięty	Obieg otwarty	Obieg zamknięty	Obieg otwarty	Obieg zamknięty
Zaangażowany sprzęt						
Wiertnica	150 kN		450 kN		1000 kN	
Moment obrotowy	7 kNm		18 kNm		60 kNm	
Pompa płuczkowa – wydatek nominalny	350 l/min		900 l/min		2000 l/min	
Pompa płuczkowa – średni wydatek rzeczywisty	250 l/min		700 l/min		1600 l/min	
System mieszania i kondycjonowania	10 m <sup>3</sup>		20 m <sup>3</sup>		40 m <sup>3</sup>	
Pompa wodna	500 l/min		1000 l/min		2000 l/min	
System separacji	nie	500 l/min	nie	1000 l/min	nie	2000 l/min
Pompa transferowa pomiędzy punktem wyjścia a punktem wejścia	nie	> 700 l/min	nie	> 1500 l/min	nie	> 2500 l/min
Rurociąg transferowy	nie	co najmniej 5"	nie	co najmniej 6"	nie	co najmniej 6"
Pompa szlamowa zasilająca system separacji	nie	> 500 l/min	nie	> 1000 l/min	nie	> 2000 l/min
Bezczowóz do wywozu szlamu	tak	tak	tak	tak	tak	tak
Koparka i samochód do wywozu urobku	nie	tak	nie	tak	nie	tak
Personel						
Ilość osób zaangażowanych na zmianę 12 h	3–4		6–7		8–10	
Geometria otworu / rurociągu						
Średnica otworu	500 mm		700 mm		1000 mm	
Objętość rurociągu	24 m <sup>3</sup>		101 m <sup>3</sup>		278 m <sup>3</sup>	
Pojemność całkowita otworu	60 m <sup>3</sup>		192 m <sup>3</sup>		550 m <sup>3</sup>	
Pojemność zbiorników ziemnych	30 m <sup>3</sup>		130 m <sup>3</sup>		400 m <sup>3</sup>	
Technologia wiercenia						
Wskaźnik technologiczny płuczka : zwierciny	5 : 1	8 : 1	8 : 1	12 : 1	15 : 1	20 : 1
Ilość płuczki przycyrkulowanej przez otwór	300 m <sup>3</sup>	480 m <sup>3</sup>	1540 m <sup>3</sup>	2300 m <sup>3</sup>	8250 m <sup>3</sup>	11 000 m <sup>3</sup>
Czas cyrkulowania netto	1200' (20 godz.) @ 250 l/min	1920' (32 godz.) @ 250 l/min	2200' (37 godz.) @ 700 l/min	3290' (55 godz.) @ 700 l/min	5160' (86 godz.) @ 1600 l/min	6880' (115 godz.) @ 1600 l/min
Średnia zawartość fazy stałej	17 %	11,5 %	11,5 %	8 %	6%	5%
Prognozowany zanik węglębny	20% objętościowo	10% objętościowo	10% objętościowo	5% objętościowo	5% objętościowo	3% objętościowo
Minimalna ilość płuczki wytworzona na etapie wiercenia	320 m <sup>3</sup>	150 m <sup>3</sup>	1560 m <sup>3</sup>	450 m <sup>3</sup>	8300 m <sup>3</sup>	1400 m <sup>3</sup>
Średnia ilość obiegów dla wytworzonej płuczki	1	4	1	5	1	9
Ilość płuczki pozostałej do utylizacji	210 m <sup>3</sup>	60 m <sup>3</sup>	1300 m <sup>3</sup>	200 m <sup>3</sup>	7000 m <sup>3</sup>	600 m <sup>3</sup>

**TAB. 3. Symulacja kosztów płuczkowych ponoszonych dla trzech wybranych grup projektów HDD w kontekście przyjętej strategii postępowania**

Typ obiegu płuczkowego	Obieg otwarty	Obieg zamknięty	Obieg otwarty	Obieg zamknięty	Obieg otwarty	Obieg zamknięty
<b>Ocena techniczna otworu</b>						
Jakość	przeciętna	dobra	przeciętna	dobra	przeciętna	dobra
Poziom ryzyka	powyżej przeciętnej	umiarkowany	powyżej przeciętnej	umiarkowany	powyżej przeciętnej	umiarkowany
Obciążenia przewodu i zużycie narzędzi	powyżej przeciętnej	umiarkowane	powyżej przeciętnej	umiarkowane	średnie	umiarkowane
Obciążenia instalacyjne	wysokie	średnie	średnie	niskie	średnie	niskie
<b>Czas trwania operacji</b>						
Czas wytwarzania płuczki wiertniczej	1600' (26 godz.) @ 200 l/min	600' (10 godz.) @ 200 l/min	3120' (52 godz.) @ 500 l/min	900' (15 godz.) @ 500 l/min	8300' (138 godz.) @ 1000 l/min	1400' (23 godz.) @ 1000 l/min
Czas dostarczania wody	1600' (26 godz.) @ 200 l/min	600' (10 godz.) @ 200 l/min	3120' (52 godz.) @ 500 l/min	900' (15 godz.) @ 500 l/min	8300' (138 godz.) 1000 l/min	1400' (23 godz.) @ 1000 l/min
Czas realizacji zadania wiertniczego	7 dni	6 dni	14 dni	12 dni	35 dni	28 dni
<b>Wskaźniki technologiczne</b>						
Postęp drążenia otworu w m <sup>3</sup> /godz. pracy brutto	0,7	0,8	0,9	1,3	1,3	1,6
Objętość płuczki przycyrculowanej w m <sup>3</sup> /godz. pracy brutto	3,5	6,6	9,2	15,9	19,6	32,7
Czas cyrkulacji : czas trwania projektu	24%	44%	22%	38%	21%	34%
<b>Koszty płuczkowe</b>						
Woda	320 m <sup>3</sup> x 10 zł/m <sup>3</sup> = 3200 zł	150 m <sup>3</sup> x 10 zł/m <sup>3</sup> = 1500 zł	1560 m <sup>3</sup> x 10 zł/m <sup>3</sup> = 15 600 zł	450 m <sup>3</sup> x 10 zł/m <sup>3</sup> = 4500 zł	8300 m <sup>3</sup> x 10 zł/m <sup>3</sup> = 83 000 zł	1400 m <sup>3</sup> x 10 zł/m <sup>3</sup> = 14 000 zł
Bentonit 30 kg/m <sup>3</sup> (projekt mały i średni) 45 kg/m <sup>3</sup> (projekt duży)	320 m <sup>3</sup> x 60 zł/m <sup>3</sup> = 19 200 zł	150 m <sup>3</sup> x 60 zł/m <sup>3</sup> = 9000 zł	1560 m <sup>3</sup> x 60 zł/m <sup>3</sup> = 93 600 zł	450 m <sup>3</sup> x 60 zł/m <sup>3</sup> = 27 000 zł	8300 m <sup>3</sup> x 60 zł/m <sup>3</sup> = 498 000 zł	1400 m <sup>3</sup> x 60 zł/m <sup>3</sup> = 84 000 zł
Konsumpcja bentonitu	9,6 t (koncentracja 3%)	4,5 t (koncentracja 3%)	46,8 t (koncentracja 3%)	13,5 (koncentracja 3%)	370 t (koncentracja 4,5%)	63 t (koncentracja 4,5%)
Polimery 0,3 kg/m <sup>3</sup>	320 m <sup>3</sup> x 6 zł/m <sup>3</sup> = 1900 zł	150 m <sup>3</sup> x 6 zł/m <sup>3</sup> = 900 zł	1560 m <sup>3</sup> x 6 zł/m <sup>3</sup> = 9360 zł	-	-	-
Inhibitory (szacunkowo)	-	-	-	10 000 zł	100 000 zł	50 000 zł
Utylizacja szlamu	210 m <sup>3</sup> x 80 zł/m <sup>3</sup> = 16 800 zł	60 m <sup>3</sup> x 80 zł/m <sup>3</sup> = 4800 zł	1300 m <sup>3</sup> x 80 zł/m <sup>3</sup> = 104 000 zł	200 m <sup>3</sup> x 80 zł/m <sup>3</sup> = 16 000 zł	7000 m <sup>3</sup> x 80 zł/m <sup>3</sup> = 560 000 zł	600 m <sup>3</sup> x 80 zł/m <sup>3</sup> = 48 000 zł
Utylizacja fazy stałej	-	30 m <sup>3</sup> x 50 zł/m <sup>3</sup> = 1500 zł	-	120 m <sup>3</sup> x 50 zł/m <sup>3</sup> = 6000 zł	-	600 m <sup>3</sup> x 50 zł/m <sup>3</sup> = 30 000 zł
<b>RAZEM</b>	<b>41 100 zł</b>	<b>17 700 zł</b>	<b>222 560 zł</b>	<b>63 500 zł</b>	<b>1 241 000 zł</b>	<b>226 000 zł</b>
<b>Koszty wykorzystanego sprzętu</b>						
Koszty urządzenia wiertniczego, energii i personelu	5000 zł dziennie	5000 zł dziennie	12 000 zł dziennie	12 000 zł dziennie	25 000 zł dziennie	25 000 zł dziennie
Koszty skutecznego zamknięcia obiegu	-	1000 zł dziennie	-	3000 zł dziennie	-	6000 zł dziennie
<b>RAZEM</b>	<b>7 dni x 5000 zł/dzień = 35 000 zł</b>	<b>6 dni x 6000 zł/dzień = 36 000 zł</b>	<b>14 dni x 12 000 zł/dzień = 168 000 zł</b>	<b>11 dni x 15 000 zł/dzień = 165 000 zł</b>	<b>35 dni x 25 000 zł/dzień = 875 000 zł</b>	<b>28 dni x 31 000 zł/dzień = 868 000 zł</b>
<b>Podsumowanie kosztów i wynik finansowy</b>						
<b>Koszty płuczkowe + koszty sprzętowe</b>	<b>41 100 + 35 000 = 76 100 zł</b>	<b>17 700 + 36 000 = 53 700 zł</b>	<b>222 560 + 168 000 = 390 560 zł</b>	<b>63 500 + 165 000 = 228 500 zł</b>	<b>2 116 000 zł</b>	<b>1 094 000 zł</b>
Zysk (przychody z realizacji projektu - koszty)	80 000 - 76 100 = 3900 zł	80 000 - 53 700 = 26 300 zł	450 000 - 390 560 = 59 440 zł	450 000 - 228 500 zł = 221 500 zł	- 316 000 zł	706 000 zł
Zysk na 1 m <sup>3</sup> zainstalowanego rurociągu	160 zł	1095 zł	588 zł	2193 zł	strata	2540 zł

**TAB. 3. cd** Symulacja kosztów płuczkowych ponoszonych dla trzech wybranych grup projektów HDD w kontekście przyjętej strategii postępowania

nia problemu kosztów legalnej utylizacji. Po piąte, powszechnie uważa się, że większe ilości płuczki zastosowane w procesie wiercenia zapracują lepszą jakością otworu, a co za tym idzie, obniży się poziom ryzyka niepowodzenia zadania. Wadą takiego rozwiązania (zakupu sprzętu) jest konieczność poniesienia znacznego wysiłku finansowego i nie ma tu specjalnie znaczenia sposób zapłaty: natychmiastowy czy odroczone w postaci leasingu czy rat kredytu. Wadą jest również fakt, że sprzęt traci na wartości w czasie, nawet jeśli nie jest intensywnie eksploatowany. Jego odsprzedaż bez straty będzie trudna, zwłaszcza w czasie kryzysu i niskiej podaży projektów. Jeśli ktoś jest mało doświadczonym użytkownikiem, może popełnić błąd, nie rozumiejąc specyfikacji sprzętu, którym jest zainteresowany. Musi polegać w tym przypadku na doświadczeniu dostawcy lub konsultanta. Jeśli kupi sprzęt „za duży”, może okazać się on rozwojowy. Jeśli kupisz sprzęt „za mały”, od początku nowy właściciel będzie z niego niezadowolony, gdyż nie spełni jego bieżących potrzeb. Zakup powinien być dobrą inwestycją. Kupować należy rozważnie i tylko sprzęt dobrej jakości, który także za kilka lat spełni oczekiwania rozwijającej się firmy. Mając długoletnią praktykę w kupowaniu, można wynegocjować sprzęt specjalnie dla nas wytworzony w cenie sprzętu standardowego. Dobre rozpoznanie rynku pozwoli uniknąć efektu przepłacenia za sprzęt przeciętnej jakości.

### Za i przeciw opcji najmu

Wiele spółek uważa, że wynajmując, zdają się na aktualną sytuację na rynku i nie zawsze wynajmują sprzęt, który jest dla nich optymalny. Ponadto jeśli się wynajmuje, to pieniądze w pewnym sensie przepadają, a mogłyby one posłużyć do zakupu czegoś własnego, co prędzej czy później będzie się posiadać. Za najmem przemawia argument w postaci: wynajmuję, kiedy naprawdę muszę. Dzięki temu nie ponosi się wysokich kosztów inwestycyjnych i można bardziej elastycznie gospodarować swoimi środkami. Jeśli w budżecie projektu mieści się wynajem brakującego sprzętu, jest to racjonalna decyzja. Zakupu dokona się wtedy, kiedy koniunktura się poprawi lub wtedy, kiedy można skorzystać z jakiejś okazji. Wadą najmu są stosunkowo wysokie koszty dzienne. Najem jest opłacalny, jeśli potrafimy sprawnie działać i ograniczyć czas trwania projektu do rozsądnej ilości dni. Wynajmując na miesiąc

i płacąc za miesiąc, korzystniej jest wykorzystywać sprzęt, pracując w trybie ciągłym 24/24, a nie tylko na jedną zmianę (12/24). W ciągłym trybie pracy wynajmowane na określony czas urządzenie będzie racjonalnie wykorzystane. Wynajmując, płacimy więcej za dzień niż wynoszą dzienne koszty amortyzacji liczone dla cyklu pięcioletniego. Wciąż jednak mamy pieniądze i możemy je wykorzystać do zapewnienia płynności firmy. Należy pamiętać, że realizując projekty o wysokich budżetach, musimy na ogół kredytować swojego klienta. Zapłata wpłynie najpewniej dopiero po kilkudziesięciu dniach od finalizacji zadania. A firma musi działać i przygotowywać się do następnych projektów. Wynajmując, zdobywa się doświadczenie i wiedzę w zakresie tego, jakiego sprzętu tak naprawdę potrzebujemy. Korzystając z usług kilku dostawców, można wybrać dla siebie optymalne rozwiązanie techniczne i po prostu w nie zainwestować. Korzystną cechą najmu jest jego elastyczność. Po jego zakończeniu można go odnowić lub z niego zrezygnować. Można też negocjować lepsze warunki z pozycji stałego najemcy lub też wymienić dotychczas wynajmowany model na nowocześniejszy lub korzystniejszy ze względu na parametry – alternatywnie – zacząć wynajmować tańszy produkt. Kontraktorzy, którzy sprzęt kupili, nie mają takich możliwości.

---

Zarówno dla inwestora,  
jak i dla wykonawcy celem  
nadrzędnym powinno być  
bezpieczeństwo i skuteczność  
działania

---

### Sprzęt nowy czy używany?

Zakup sprzętu używanego może być dobrą opcją na początek. Jednakże pod tym warunkiem, że kupuje się sprzęt używany (re-run) po przeglądzie producenta i na jego gwarancji. Daje to poczucie, że sprzęt jest w pełni sprawny i nie ma ryzyka pojawienia się wad ukrytych. Kupując sprzęt od poprzedniego właściciela, trzeba zaufać albo własnej intuicji lub swoim mechanikom, albo sprzedawcy, który rzetel-

nie poinformuje o jego stanie technicznym. Kupując od pośrednika, nabywca zdaje się na sporą dozę niepewności. Sprzęt używany często kosztuje połowę ceny nowego, a zawiera prawie wszystkie funkcjonalności produktu z fabryki. Oczywiście poza faktem, że ma już kilka (kilkanaście) tysięcy godzin na liczniku i o te tysiące godzin będzie można go krócej użytkować przed remontem kapitalnym lub też jego złomowaniem. Sprzęt używany dużo trudniej jest kupić na kredyt. Także firmy leasingowe niechętnie patrzą na taki produkt.

### Czy sprzęt, który kupiliśmy można wynajmować (innym)?

Oczywiście, jeśli dysponujemy jakimś sprzętem, możemy go wynająć firmie, z którą się współpracuje, a nawet konkurencyjnej. Można czerpać z tego tytułu dochody, podobnie jak się to ma z wynajmem mieszkania. Ta opcja może być wtedy, kiedy źle ocenione zostały możliwości, np. jeśli został kupiony sprzęt, którego po kilku miesiącach prosperity nie można wykorzystać do innej pracy. Przeszacowanie własnych potrzeb jest częstym przypadkiem w naszej branży. Wówczas wynajem partnerom biznesowym pozwoli zarobić na chociażby jego amortyzację. Sprzęt należy wynajmować z własną obsługą. Wtedy bowiem nabywca będzie mieć gwarancję, że jest on należycie eksploatowany. Od warunku tego można odstąpić tylko w przypadku sprawdzonych kontrahentów.

### Ryzyko inwestycyjne

W gospodarce wolnorynkowej żadna firma nie może sobie pozwolić na stagnację. Chwilowy zastój może skutkować powiększającym się dystansem do konkurencji. W przewidywalnym otoczeniu gospodarczym receptą na rozwój firmy jest wdrażanie projektów inwestycyjnych – innowacji (w skali mikro lub makro). Dotyczyć one mogą zarówno produktów, jak i technologii. To, ile i w jaki segment zainwestować, zależy od rozpoznania bieżącej sytuacji, jak i od średnioterminowych perspektyw dla rynku. Zaakceptowanie wyższego ryzyka może pozwolić na osiągnięcie potencjalnie wyższego zysku. Jednak nietrafiona inwestycja może okazać się, w najlepszym wypadku, trwałym zamrożeniem kapitału lub też stratą trudną do szybkiego odrobienia – w scenariuszu pesymistycznym. Istnieje przeświadczenie, że



# ROE

Robert Osikowicz  
Engineering



inwestowanie to dyscyplina dla bogatych, a funkcjonowanie pod presją dużego zadłużenia jest dla osób, które stać na spłacanie kredytów. Paradoks? Niekoniecznie. Firma musi posiadać zapas, który pozwoli przetrwać gorszy okres i spłacać zobowiązania nawet bez wysokich bieżących przychodów. W przemyśle wiertniczym służącym budowie rurociągów występuje ryzyko związane z przebiegiem prac konstrukcyjnych realizowanych w zmiennym otoczeniu geologicznym. W tych warunkach istnieje dodatkowy element niepewności wynikający z podejmowanych decyzji. Na skutek zmiennej koniunktury w inwestycjach rurociągowych poziom ryzyka inwestycyjnego jest nawet wyższy niż w innych sektorach branży budowlanej. Jeszcze kilka lat temu ryzyko to było kompensowane wyższą rentownością usług wiertniczych. W tej chwili, przy obecnym poziomie cen i narastającej niepewności na rynku, taka sytuacja należy do przeszłości.

## Wnioski płynące z praktycznych aplikacji zamkniętych układów cyrkulowania płuczki

Autorowi nie są znane przypadki projektów, w których zastosowanie prawidłowo skonfigurowanego układu płuczkowego nie przyniosło wykonawcy wymiernych korzyści. Korzyści te są tym większe i łatwiejsze do uzasadnienia, im skala projektu jest większa. Powyżej pewnego poziomu wskaźnika HDI brak zamkniętego obiegu jest nie tylko uciążliwy, kosztowny, ale i niecelowy. Poziom 3000 autor rekomenduje przyjmując jako próg optymalności. Jeśli spółka realizuje wiele projektów o takim lub wyższym wskaźniku trudności oznacza to, że powinna stosować urządzenia do

mechanicznej separacji faz i stowarzyszone z nimi komponenty (pompy szlamowe, rurociągi służące zamknięciu obiegu). W przypadku średnich i dużych maszyn wiertniczych (>450 kN siły ciągnięcia) nie znajdujemy przeciwskazań w powszechnym użyciu układów oczyszczania płuczki z fazy stałej. Urządzenia klasy 200–450 kN również wydają się dobrze przygotowane (trwałość wysokociśnieniowych układów płuczkowych) na zaadaptowanie płuczki o umiarkowanej zawartości drobnej fazy stałej. Pewien problem napotykamy w urządzeniach klasy poniżej 200 kN. Są one wyposażone w wysokociśnieniowe pompy tłokowe lub nurnikowe, które charakteryzują się niską tolerancją na abrazyjną fazę stałą. W takich przypadkach decyzja o zastosowaniu lub niestosowaniu układów separacji fazy stałej powinna być podjęta po szczegółowej analizie ekonomicznej całego procesu, uwzględniającej także zwiększoną konsumpcję części eksploatacyjnych urządzeń będących elementami obiegu płuczkowego.

Jak już zostało wcześniej stwierdzone, decyzja o zamknięciu obiegu płuczkowego niesie za sobą szereg konsekwencji technicznych i finansowych. Należy zainwestować w specjalistyczny sprzęt, trzeba nauczyć się go prawidłowo obsługiwać i eksploatować i konieczne jest wyszkolenie kilku osób w tym celu. Korzyści płynące z podjęcia takich decyzji są łatwe do wymienienia i przewyższają poziom zainwestowanych środków. Korzyści bezpośrednio to: niższa konsumpcja wody i materiałów płuczkowych, niższe koszty utylizacji i rekultywacji terenu, skrócony znacząco czas potrzebny na przygotowanie i kondycjonowanie płuczki. Korzyści pośrednich jest jeszcze więcej – są to np.: skrócenie całkowitego

## Long and Large Diameter HDD Crossings

Project Planning and Management  
Risk and Quality Analysis  
Drilling Equipment  
Downhole Tooling  
Pumps  
Mud Systems  
Paratrack Guidance Service  
Fluid Service  
Lab Equipment

Products and services of the following companies:



Contact:

Tel. +48 601 717 600

E-mail: [roe@robertosikowicz.com](mailto:roe@robertosikowicz.com)

[www.robertosikowicz.com](http://www.robertosikowicz.com)



czasu trwania robót wiertniczych, wyższa osiągnięta jakość wierconego otworu, łatwiejsze wdrożenie procesów optymalizacyjnych, skuteczniejszy monitoring i zarządzanie fazą stałą, niższe tarcie notowane w otworze, a w konsekwencji niższe obciążenia notowane na przewodzie wiertniczym we wszystkich etapach prac. Z osiągnięciem wyższej jakości otworu wiąże się niższe ryzyko projektu. Zarówno dla inwestora, jak i dla wykonawcy celem nadrzędnym powinno być bezpieczeństwo i skuteczność działania. Zamknięcie obiegu płuczkowego jest więc rekomendowanym i uzasadnionym działaniem w większości przypadków.

---

Zamknięcie obiegu  
płuczkowego jest  
rekomendowanym  
i uzasadnionym działaniem  
w większości przypadków

---

## Podsumowanie cyklu artykułów

Na podstawie wieloletniej obserwacji rynku da się wyodrębnić pięć prawidłowości: konkurencja na rynku wykonawczym wzrasta; poziom cen jednostkowych, uzyskiwanych z realizacji standardowych projektów spada; stabilizują się ceny komponentów do produkcji płynu wiertniczego, wzrastają natomiast koszty pozyskania wody do wytwarzania płuczki oraz, co być może w niniejszej analizie jest najistotniejsze, szybko narastają koszty utylizacji szlamu pozostałego po projekcie HDD. Szósta prawidłowość jest pochodną po stopniu zaawansowania technologii: mamy coraz więcej mobilnych instalacji, służących mechanicznej separacji faz (układów oczyszczania płuczki). Tendencja jest wyraźna w segmencie średnich i dużych urządzeń wierzących (od 450 kN siły ciągnięcia wwyż). W segmencie urządzeń małych jest to jednak wciąż bardziej wyjątek niż reguła. W przyszłości można się spodziewać wzrastającego popytu na urządzenia służące do prawidłowego zagospodarowania płuczki, w tym zintegrowane systemy separacji, transferowe pompy szla-

mowe, szybkoobrotowe wirówki dekantacyjne do odwadniania fazy stałej, stacje flokulacyjne wspomagające odwirowanie płuczki. Rozwój i skuteczna promocja techniki zamkniętego obiegu płuczkowego w obszarze HDD będzie możliwa pod pewnymi warunkami, a mianowicie:

- pojawi się świadomość po wszystkich stronach procesu inwestycyjnego, że zamykanie obiegu dzięki urządzeniom do mechanicznej separacji faz jest jedynym skutecznym rozwiązaniem dla ograniczania ilości pozostawionych po procesie odpadów wiertniczych i racjonalizacji ponoszonych kosztów;
- będą funkcjonowały powszechnie respektowane przepisy zakazujące utylizacji szlamu w sposób nieuprawniony;
- w dokumentacji projektowej oraz w szczegółowej specyfikacji warunków zamówienia pojawiają się zapisy o konieczności stosowania urządzeń zamykających obieg o parametrach (przepustowości) zgodnej z klasą planowanego projektu. Obecność takich urządzeń i skuteczność ich działania powinna być weryfikowana przez inspektów nadzoru wynajętych przez inwestora;
- w spółkach wiertniczych będą pieniądze (wolne środki) na inwestycje poczynione w tym obszarze. Warunkowane jest to jednak koniunkturą na rynku i poziomem cen za usługi wiertnicze;
- pojawiają się środki na szkolenie zarówno managerów, jak i załóg wiertniczych w zakresie selekcji komponentów i obsługi urządzeń płuczkowych;
- płyn wiertniczy będzie posiadał, w rozumieniu spółek wiertniczych, tę samą rangę, co urządzenie wiertnicze, przewód i osprzęt wgłębnny.

W trzech poprzednich artykułach opublikowanych na łamach „Inżynierii Bezwykopowej” w 2016 r. omówiona została idea zamkniętego obiegu płuczkowego, wskazane zostały parametry, jakie musi spełniać tego typu instalacja, przedstawiono niezbędne komponenty systemu i podstawowe zasady ich eksploatacji. Część czwarta została poświęcona symulacji ponoszonych wydatków inwestycyjnych i realnych kosztów płuczkowych dla trzech grup potencjalnych projektów. Symulacja wykonana za pomocą zaproponowanego modelu udowodniła, że ideę zamkniętego obiegu płuczkowego nie tylko warto, ale i należy wdrożyć. Uwaga zosta-

ła zwrócona również na fakt, że współcześnie projektowane zamknięte układy płuczkowe powinny cechować się adekwatną do oczekiwań przepustowością, prostotą obsługi, wysokim stopniem automatyzacji i niezawodnością działania. <

## 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.: Koszty – Jakość – Ryzyko. Artykuł wygłoszony w trakcie III Seminarium Technicznego ROE w Krakowie. Grudzień, 2016.
- [6] Osikowicz R.: Tendencje obserwowane w rozwoju HDD w Polsce i na świecie. Artykuł wygłoszony w trakcie XII Konferencji Inżynierii Bezwykopowej w Krakowie, 11 czerwca 2014.
- [7] Osikowicz R.: Zarządzanie jakością otworu wiertniczego. Inżynieria Bezwykopowa 1/2015.
- [8] Osikowicz R.: Ocena aktualnego stanu techniki HDD w Polsce. Referat wygłoszony w trakcie XIII Konferencji Inżynierii Bezwykopowej w Krakowie, 10 czerwca 2015.
- [9] Osikowicz R. Zamknięty obieg płuczkowy cz. I i II, III Inżynieria Bezwykopowa 1/2016, 2/2016 i 3/2016.
- [10] Petiet R.: Closed-loop Mud Systems in HDD Technology. Referat wygłoszony w trakcie II Seminarium Technicznego ROE w Krakowie. Grudzień, 2015.
- [11] Petiet R., de Jong, B.: Analiza ekonomiczna stosowania systemów separacji. Materiały własne firmy Normag.
- [12] Robinson L.: Economic Consequences of Poor Solids Control. Referat wygłoszony w trakcie Konferencji AADE w Houston, TX. Kwiecień, 2006.
- [13] Shale Shakers and Drilling Fluids Systems. American Association of Drilling Engineers. Texas, 2014.
- [14] Smith A. i inni: The True Cost of Process Automation. Referat wygłoszony w trakcie Konferencji AADE w Houston, TX. Kwiecień, 2010.