

Robert Rado*, Jan Lubaś, Petr Bujok*****

TECHNICZNE ASPEKTY WIERCENIA KIERUNKOWEGO Z CZĘŚCIOWYM WYKORZYSTANIEM ISTNIEJĄCYCH OTWORÓW****

1. WSTĘP

Postęp techniki i technologii w wiertnictwie umożliwia wykorzystywanie otworów kierunkowych w różnych sytuacjach wiertniczych. Otwory o złożonej trajektorii stały się powszechne przy różnego rodzaju wierceniach. Takim przykładem mogą być otwory wiercone z częścią pilotową w celu zwiększenia ich trafności oraz rekonstrukcje otworów już istniejących. W obu przypadkach stosuje się metody z wykorzystaniem technik kierunkowych oraz podobnych technik do zmiany trajektorii otworu oraz wyjścia części kierunkowej otworu z kolumn rur okładzinowych. W otworach eksploatacyjnych po latach eksploatacji ich stan techniczny ulega pogorszeniu lub następują zmiany w ich wydajności, która wymusza przeprowadzenie prac intensyfikujących wydobywanie. Natomiast dla otworów nowo wierconych poszukuje się metod mogących zwiększyć ich skuteczność i osiągnięcie zaplanowanego celu. Jedną z metod pozwalających na poprawę wydajności otworu, a także obniżenie kosztów jego eksploatacji może być wiercenie otworu kierunkowego z już istniejącego otworu. Podobnie w przypadku nowych otworów szczególnie z horyzontalnym odcinkiem można wykorzystać wiercenie otworu pilotowego pionowego lub kierunkowego, a następnie wykorzystać jego część otworu do wykonania części kierunkowej.

Wiercenie otworu kierunkowego z istniejącego już otworu w zależności od tego, czy mamy do czynienia z nowo wierconym otworem czy rekonstruowanym, pozwalają na dokładne określenie np. granicy konturu ropa-woda lub określenie położenia stropu i spągu warstwy produktywnej i nieproduktywnej w przypadku warstw o małej miąższości.

* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

** Poszukiwania Nafty i Gazu Kraków Sp. z o.o

*** Institute of Geological Engineering, Faculty of Mining and Geology, VŠB – Technical University of Ostrava, Czech Republic

**** Artykuł wykonano w ramach badań statutowych 11.11.190.01

Dokładne określenie położenia tej granicy zwiększa szanse na poprawne wykonanie wiercenia kierunkowego oraz osiągnięcie warstwy produktywnej.

Wykonanie otworu z poziomym odcinkiem końcowym nastręcza niekiedy trudności z osiągnięciem zamierzonego końcowego punktu wiercenia. Poprawę celności wykonania takiego otworu ułatwia wykonanie jego części, jako odcinka pilotowego a w ślad za nim końcowego otworu kierunkowego. W otworach rekonstruowanych takie rozwiązanie umożliwia po pierwsze obniżenie kosztów wiercenia a po drugie rozwiązanie kilku problemów natury technicznej związanej z poprawnym ułożeniem części kierunkowej lub horyzontalnej otworu. Analiza nakładów inwestycyjnych na wykonanie prac kierunkowych, kalkulacji kosztu eksploatacji urządzeń wiertniczych, kosztów serwisu kierunkowego, etc. jest ułatwieniem dla podjęcia decyzji o zasadności zastosowania tego typu rozwiązań.

Prace związane z wykonaniem otworu kierunkowego wykorzystującego już istniejący można podzielić na:

- prace związane z przygotowaniem istniejącej części otworu (najczęściej pionowego) i częściową likwidacją odcinka, który nie będzie wykorzystywany,
- prace związane z wykonaniem odcinka kierunkowego otworu.

Dzięki danym uzyskany z wykonania dwóch otworów, jednego, w którym wykonano otwór pilotowy z jego późniejszą likwidacją, oraz otworu poddanego rekonstrukcji z wykorzystaniem jego części do wiercenia otworu kierunkowego przeanalizowano techniczną stronę prac.

Jeśli podczas wiercenia takich otworów, czyli bazujących na już istniejącym fragmencie nie zajdą nieprzewidziane komplikacje, czy awarie wiertnicze analizy czasu i kosztów wykonania takich otworów dowodzą, że wykorzystanie już istniejącego otworu zwiększa precyzję prac wiertniczych. W efekcie takie rozwiązanie jest uzasadnione z ekonomicznego punktu widzenia.

2. PRZESŁANKI DO WYKONANIA OTWORÓW WIERTNICZYCH Z WYKORZYSTANIEM ISTNIEJĄCEGO ODCINKA OTWORU

Aktualne tendencje w pracach wiertniczych na otworach poddawanych rekonstrukcji ze względu na spadek wydajności zmierzają do wykorzystywania istniejących już otworów do wiercenia z nich otworów kierunkowych. Inną przesłanką do wykonania otworu kierunkowego z już istniejącego może być również brak technicznych możliwości likwidacji awarii w otworze pionowym lub kierunkowym, powodujący konieczność odchylenia osi otworu w innym kierunku niż dotychczasowe wiercenie.

Wykorzystanie otworów kierunkowych w sytuacji, gdy miąższość warstwy jest niewielka, zalega ona pod dużym kątem, bądź jest pofałdowana, a struktura, w której się znajduje zaburzona np. uskokami, umożliwia wyznaczeniem parametrów zalegania warstwy.

Od strony technicznej możliwość wykonania tego typu wiercenia podlega pewnym rygorom. Przede wszystkim istniejący otwór a zwłaszcza jego część, która będzie stanowiła podstawę do prowadzenia dalszych prac wiertniczych, czyli odwiercenia otworu kierunko-

wego powinien znajdować się w takim stanie technicznym, który pozwoli na wykonanie niezbędnych prac. W szczególności stan rur okładzinowych i ich uszczelnienie powinno być w należytm stanie technicznym. W przypadku otworów nowo wierconych konstrukcję otworu można w odpowiedni sposób zaprojektować tak, aby ułatwiała ona odwiercenie otworu kierunkowego na bazie istniejącego np. otworu pilotowego. W nieco inny sposób przedstawia się sytuacja z otworami już istniejącymi. W tym przypadku wykorzystuje się stan zastany lub ewentualnie przeprowadza prace mające na celu poprawę stanu technicznego (np. cementowanie doszczelniające, frezowanie rur, wycinanie). Zakres tych prac nie może być zbyt duży, bo przedsięwzięcie z ekonomicznego punktu widzenia może stać się nieopłacalne.

Analizę wykonania otworów kierunkowych z wykorzystaniem już istniejącego odcinka oparto o dane z prac wiertniczych prowadzonych na strukturach gazonośnych, które zostały udostępnione otworem kierunkowym wykonanym na bazie otworu rekonstruowanego oraz nowym otworem wykonanym z odcinkiem pilotowym.

W pierwszym przypadku w trakcie eksploatacji złoża nastąpiło zawodnienie strefy eksploatacyjnej w bezpośrednim sąsiedztwie otworu udostępniającego złożo. Pojawienie się wody złożowej i systematyczny wzrost jej wydobycia był początkiem prac mających powstrzymać ten proces. W celu uniknięcia dalszego zawodnienia strefy eksploatacyjnej zdecydowano się na wyłączenie z eksploatacji części interwału. Zabieg ten spowodował spadek dopływu wód złożowych, ale przełożyło się to jednocześnie na spadek wydajności otworu. Sytuacja poprawiła się na krótko i po kilku tygodniach ponownie nastąpił wzrost dopływu wody złożowej. To ostatecznie przyczyniło się do podjęcia decyzji o przerwaniu eksploatacji.

Pierwotnie otwór, o którym mowa, wykonano jako badawczy, a następnie przekształcono go w otwór udostępniający horyzont gazonośny struktury. Wszystko wskazywało na to, że część eksploatacyjna otworu została zlokalizowana zbyt blisko konturu gaz-woda podścielająca. Chcąc uniknąć ponownie podobnego błędu, zdecydowano się na przeprowadzenie prac rekonstrukcyjnych z wykorzystaniem już istniejącego otworu i dodatkowo określeniem zalegania konturu gaz-woda. Zakres prac rekonstrukcyjnych polegał na wykorzystaniu części już istniejącego otworu przy wierceniu nowego otworu.

Drugi z omawianych przypadków w uzasadnieniu wykonania wiercenia z wykorzystaniem istniejącej części otworu miał podobne podstawy. W trakcie eksploatacji złoża nastąpił spadek wydajności otworów eksploatacyjnych, w wyniku czego podjęto decyzję o wykonaniu dodatkowych otworów, które pozwoliłyby na zwiększenie wydajności złoża. Analiza warunków geologiczno-złożowych wykazała, że najlepszym rozwiązaniem będzie wykonanie otworów kierunkowych z poziomym odcinkiem końcowym.

Po pierwszych niezbyt pozytywnych doświadczeniach związanych z celnością podczas wierceniu pierwszego otworu kierunkowego na tej strukturze, zdecydowano o zastosowaniu techniki ze wstępnym otworem pilotowym, a następnie wykorzystując już istniejący otwór wykonanie z niego właściwego otworu kierunkowego. Trudności z właściwym umieszczeniem horyzontalnej części pierwszego z otworów i informacje z tym związane wykorzystano jako wskazówkę przy projektowaniu kolejnego otworu kierunkowego.

Podstawowym problemem było dokładne określenie położenia konturu ropa-woda, co utrudniało ułożenie poziomego odcinka w stosunku do tego konturu i zaprojektowanie odpowiedniej trajektorii otworu kierunkowego. W trakcie eksploatacji złoża podobnie jak dla pierwszego z omawianych otworów nastąpiło przemieszczenie konturu ropa-woda, co przy wierceniu kolejnego otworu kierunkowego z poziomym odcinkiem końcowym mogło spowodować, że uzyskany efekt byłby niewspółmierny do poniesionych nakładów finansowych. Ten argument zdecydował o wyznaczeniu jego położenia przy pomocy otworu pilotowego i następnie udostępnieniu złoża otworem horyzontalnym.

Otwór poddawany rekonstrukcji został wykonany pierwotnie, jako otwór kierunkowy eksploatacyjny typu „S”, natomiast sama rekonstrukcja przewidywała wykonanie otworu o profilu typu „J”. Natomiast wiercenie drugiego z otworów, czyli otworu z częścią pilotową dla obu etapów wiercenia (pilotowego i właściwego), zaprojektowano z kształtem trajektorii typu „J” z odwierceniem końcowego odcinka właściwego otworu eksploatacyjnego, jako horyzontalnego.

3. KONSTRUKCJE OTWORÓW WIERTNICZYCH ORAZ PRACE WIERTNICZE WYKONANE W OTWORACH PRZED PRZYSTĄPIENIEM DO WIERCEŃ KIERUNKOWYCH

Oba otwory poddawane analizie różniły się między sobą konstrukcją, co wpłynęło również na przebieg prac adaptacyjnych w każdym z nich.

Otwór poddawany rekonstrukcji został zarurowany w następujący sposób:

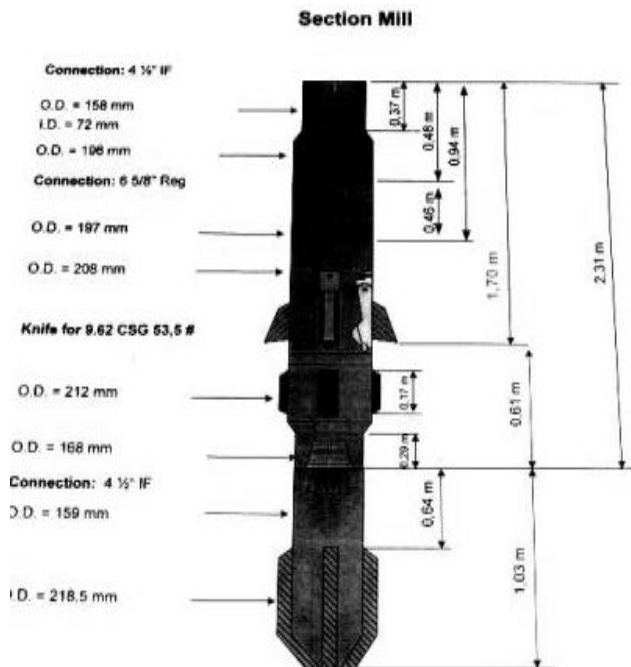
- kolumna wstępna 18 5/8” głębokość zapuszczenia 28 m cementowa do wierzchu (cdw),
- kolumna przewodnikowa 13³/₈” głębokość zapuszczenia 200 m (cdw),
- kolumna techniczna 9⁵/₈” głębokość zapuszczenia 336 m (cdw),
- kolumna eksploatacyjna 7” głębokość zapuszczenia 2020 m zacementowana na zakładkę w kolumnie technicznej, czyli w rurach 9⁵/₈”,
- kolumna tracona 4¹/₂” zapuszczona w interwale 2070–2010 m bez cementowana.

W założeniach przyjęto, że w pracach rekonstrukcyjnych wykorzystany zostanie pionowy odcinek istniejącego otworu do głębokości 353 m. Na tej głębokości rozpoczęto prace związane z odchyleniem nowego otworu o trajektorii typu „J”.

Wykonano częściową likwidację istniejącego otworu poprzez wykonanie korków cementowych w dwóch interwałach głębokości. Pierwszy na spodzie otworu w przedziale głębokości 1970–2070 m, drugi ciśnieniowy (po perforacji rur okładzinowych) w kolumnie 9⁵/₈” w zakresie głębokości 650–750 m.

Po wykonaniu pomiarów geofizycznych z cementomierzem i mufolokatorem określono głębokość stropu cementu w przestrzeni pozarurowej 7”. Na tej podstawie postanowiono odciąć rury 7” na głębokości 430 i wyciągnąć je na powierzchnię. Operacja wycięcia i wyciągnięcia rur 7” na powierzchnię przebiegła bez komplikacji. Kolejny krok przewidy-

wał wykonanie dwóch korków cementowych pierwszego w interwale głębokości 400–500 m i drugiego 355–397 m, przy czym drugi z korków wykonano po wyfrezowaniu okna w rurach okładzinowych 9⁵/₈” w interwale 335–397 m. Po wykonaniu tych czynności na głębokości 355 m zacięto nowy otwór kierunkowy tak, aby ominąć trajektorię istniejącego otworu następnie odwiercono pionowy odcinek do głębokości 1200 m i ponownie przystąpiono do zmiany trajektorii otworu. Zamierzeniem było uzyskanie odejścia od osi pionowej nowego otworu o 360 m na głębokości 2035 m. Wybór taki podyktowany był czynnikami geologicznymi oraz stwierdzonym konturem gaz-woda. W rezultacie wykonano odcinek otworu o średnicy 8¹/₂” do głębokości 2021 m z kątem odchylenia osi otworu równym 32° i azymucie ok. 160°. Zarurowano go rurami 7” i zacementowano dwustopniowo z mufą cementacyjną w głębokości 1000 m. Ostatnim etapem prac było odwiercenie 45 m otworu średnicą 149 mm do głębokości 2080 m odcinek ten został zarurowano niezacementowanymi perforowanymi rurami traconymi 4¹/₂”.



Rys. 1. Schemat noża hydraulicznego do frezowania rur okładzinowych [7]

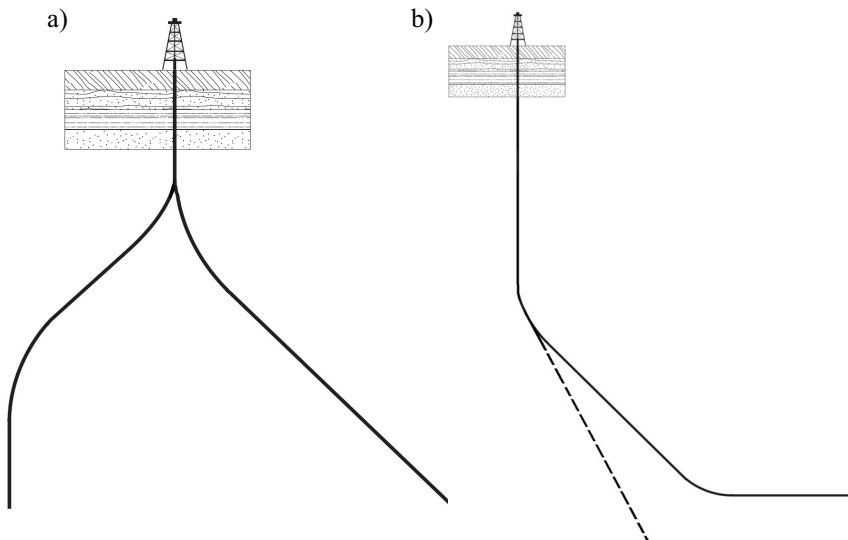
Projekt geologiczno-techniczny otworu wierconego z wykorzystaniem wiercenia pilotowego miał następujący schemat zarurowania:

- kolumna wstępna 13³/₈” głębokość zapuszczenia 29 m cdw,
- kolumna przewodnikowa 9⁵/₈” głębokość zapuszczenia 835 m cdw,
- kolumna techniczna 7” głębokość zapuszczenia 2545 m cdw,
- kolumna eksploatacyjna 4¹/₂” (tracona) zapuszczona do głębokości 2980 m.

Otwór poniżej buta rur $9\frac{5}{8}$ " początkowo wiercono jako pionowy, a następnie rozpoczęto zmianę trajektorii otworu tak, aby osiągnąć odchylenie nieprzekraczające 28° . Wybór tego kąta był nieprzypadkowy, kąt taki umożliwia wykonanie pomiarów geofizycznych bez użycia specjalistycznej aparatury, czyli wykorzystując standardowe sondy i oprogramowanie. Odchylenie osi otworu rozpoczęto na głębokości 1461 m, a założony kąt odchylenia osi otworu uzyskano na głębokości 2488 m. Po uzyskaniu zakładanego odchylenia otwór wiercono stycznie doadanego już kąta, jako otwór prostoliniowy do głębokości 2545 m. Odwiercony odcinek otworu po wykonaniu pomiarów geofizycznych został zarurowany rurami okładzinowymi 7".

Następna sekcja otworu wiercona średnicą 6" pod tym samym kątem czyli 28° do głębokości 2850 m (TVD 2787 m). Po wykonaniu pomiarów geofizycznych w celu określenia granic złoża oraz konturu część ta została zlikwidowana do buta rur 7" za pomocą korka cementowego.

Mając już szczegółowe dane z pomiarów geofizycznych o charakterze złoża zaprojektowano wiercenie końcowego odcinka otworu w ten sposób, aby „wejść” w złożo pod kątem 90° czyli odcinkiem horyzontalnym. Wiercenie poniżej buta rur okładzinowych 7" otworu pilotowego kontynuowano do głębokości 3057 m (TVD 2712 m). Wykonano to stosując do tego celu zestaw BHA ze sterowalnym łącznikiem zakładając wzrost kąta odchylenia 9° na każde 30 m długości wierconego otworu. Część eksploatacyjną otworu zarurowano kolumną traconą (liner) o średnicy $4\frac{1}{2}$ " zapiętą na łączniku 100 m powyżej buta kolumny rur okładzinowych 7" i zacementowaną na zakładkę.

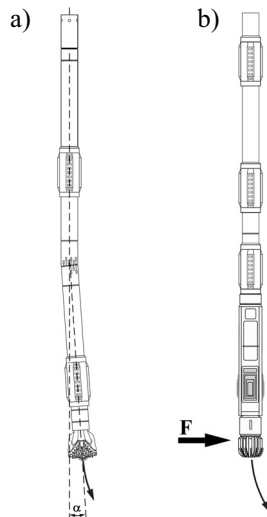


Rys. 2. Schemat trajektorii otworu wykonanego z wykorzystaniem istniejącego odcinka otworu wiertniczego: a) otwór wiercony z wykorzystaniem części otworu rekonstruowanego; b) otwór z wierceniem odcinka pilotowego

4. TECHNIKA PRAC WIERTNICZYCH DLA WIERCENIA OTWORÓW KIERUNKOWYCH Z WYKORZYSTANIEM ISTNIEJĄCEGO ODCINKA OTWORU

Obecnie w przypadku wiercenia otworów kierunkowy używa się szeregu metod i narzędzi, których można użyć do zmiany trajektorii otworu wiertniczego. Narzędzia te i techniki mogą być użyte zarówno do zmiany kąta odchylenia osi otworu jak i zmiany azymutu osi otworu lub obu naraz. Bez względu na zastosowaną metodę wszystkie one bazują na dwóch podstawowych zasadach zmiany kierunku wiercenia narzędzia wiertniczego.

Pierwsza z nich wykorzystuje odchylenie dolnej części zestawu wiertniczego ponad narzędziem wiertniczym, druga to wywołanie siły bocznej odchylającej narzędzie wiertnicze od aktualnego kierunku wiercenia. W obu przypadkach spowodowana zostanie zmiana kierunku wiercenia i odchylenie osi otworu wiertniczego. Na rysunku 3 przedstawiono ogólną zasadę działania metod odchylenia osi otworów wiertniczych.



Rys. 3. Metody zmiany trajektorii osi otworu wiertniczego: a) odchylenie osi narzędzia względem zestawu wierzącego; b) wywołanie siły bocznej powodującej zmianę kierunku wiercenia

Głównymi metodami wykorzystywanymi obecnie do wiercenia otworów kierunkowych są następujące rozwiązania:

- zestaw wiertniczy z krzywym łącznikiem w połączeniu z silnikiem hydraulicznym lub turbiną,
- sterowalny zestaw wiertniczy dla wiercenia z użyciem silnika lub turbiny wiertniczej,
- obrotowy sterowalny zestaw wiertniczy,
- kierunkowy zestaw dolnej części przewodu wiertniczego (BHA) dla wiercenia stołowego,
- kliny odchylające.

Każda z wymienionych metod ma swoje słabe i mocne strony oraz używana jest w różnych przypadkach technologicznych.

W analizowanych otworach zastosowano technikę zmiany trajektorii otworu za pomocą krzywego łącznika z silnikiem wglębnym.

Najbardziej powszechną techniką stosowaną do zmiany trajektorii otworów wiertniczych jest użycie krzywego łącznika wraz z silnikiem wglębnym lub turbiną. Krzywy łącznik ma zazwyczaj średnicę obciążników, w którym dolna część jest przesunięta względem górnej o odpowiedni kąt. Powoduje to efekt przesunięcia dolnej części BHA (poniżej krzywego łącznika) względem elementów położonych powyżej, co pozwala na przesunięcie osi narzędzia wiertniczego względem osi dolnej części przewodu wiertniczego. Silnik wglębny lub turbina jest umieszczany pomiędzy narzędziem a łącznikiem. W zasadzie zestawów wiertniczych z krzywym łącznikiem używa się do wiercenia odcinków krzywoliniowych otworów o długich promieniach krzywizny. Wiercenie odcinków prostoliniowych wymaga obracania całym przewodem i jest możliwe tylko przy bardzo małych kątach odchylenia osi. W tym przypadku efekt odchylenia osi narzędzia zostaje zniesiony z powodu braku preferowanego kierunku wiercenia narzędzia. Jednak ze względu na wysoki koszt silników i turbin oraz zużycie ten sposób wiercenia wykorzystuje się rzadko zwłaszcza w marszach o długich odcinkach prostoliniowych. W większości przypadków rozwiązaniem jest stosowanie do budowy i zrzucania kąta krzywizny.

Podczas wiercenia otworu rekonstruowanego wykorzystano pochodzącą z lat 80. metodę wiercenia otworów kierunkowych przy użyciu sterowalnego zestawu z silnikiem wglębnym. Zestaw składa się zazwyczaj z narzędzia wierzącego, sterowalnego napędu wglębnego, stabilizatora oraz systemu pomiarowego. Możliwość zmiany kierunku wiercenia jest realizowana poprzez uzyskanie odchylenia osi zestawu tuż ponad narzędziem wiertniczym używając do tego celu łącznika nawigacyjnego w połączeniu z silnikiem lub turbiną hydrauliczną. To odchylenie może być wykorzystane do wiercenia w określonym kierunku w taki sam sposób, jak przy użyciu krzywego łącznika. Ponieważ odchylenie zlokalizowane jest dużo bliżej narzędzia wiertniczego, w porównaniu z krzywym łącznikiem powoduje to mniejsze odchylenie osi zestawu od osi otworu, dzięki czemu można obracać całym zestawem przewodem wiertniczym. Dlatego też metody tej można używać zarówno do wiercenia odcinków krzywoliniowych (budowanie kąta i zrzucanie), jak i odcinków prostoliniowych. W przypadku wiercenia kierunkowego wykorzystuje się wiercenie przy użyciu napędu wglębnego a dla wiercenia odcinków prostych metodą stołową, a w zasadzie połączone metody. W metodzie tej na tendencję do odchylenia zestawu wpływa kąt odchylenia łącznika nawigacyjnego oraz wielkość i odległość stabilizatora silnika płuczkowego od pierwszego stabilizatora nad silnikiem. System jest używany w sytuacjach, gdy zmiany kierunku wiercenia są trudne do osiągnięcia, gdy kontrolowanie wiercenia sekcji prostoliniowych otworów kierunkowych jest utrudnione lub gdy wymagana byłaby częsta wymiana dolnej części przewodu wiertniczego. Tak jak zestawy z krzywym łącznikiem, tak zestawy sterowalne wyposażone są systemy MWD często dodatkowo rozszerzone o pomiar własności fizycznych warstw, co pozwala na wychwytywanie zmian w litologii, porowatości oporności przewiercanych podczas wiercenia a tym samym na precyzyjne sterowanie trajektorią otworu. Taki wariant wykorzystano podczas wiercenia otworu pilotowego oraz właściwego

otworu eksploatacyjnego wyposażając zestaw MWD w sondę gamma. Elementami, który mają podstawowy wpływ na wiercenie sterowanym zestawem są: łącznik nawigacyjny oraz stabilizatory a właściwie ich rozmieszczenie. Odchylenie narzędzia wiertniczego i położenie łącznika w niewielkiej odległości od narzędzia w przypadku obu trybów wiercenia tzn. z napędem wglębnym jak i stołowym pozwala na wiercenie bez wysokich nacisków a tym samym nadmiernego zużycia narzędzi i samego napędu wglębnego. Budowa łącznika zapewnia przede wszystkim nacisk na narzędzie wiertnicze redukując boczną siłę na górną część korpusu narzędzia, maksymalizując efektywność wiercenia. Obecnie stosuje się dwa typy łączników stabilizujących: łącznik z podwójnym odchyleniem w przeciwnych kierunkach (DTU) redukujący kąt odchylenia a tym samym siłę boczną oraz łącznik Kick-out z podwójnym odchyleniem w tym samym kierunku. Efektywność zmiany trajektorii otworu zależy również od użytych stabilizatorów i ich rozmieszczenia. Zestaw do poprawnej pracy wymaga dwóch specjalnych stabilizatorów: stabilizatora silnika hydraulicznego lub stabilizatora UBHS zazwyczaj zintegrowanego z silnikiem, stabilizator ten jest podwymiarowy w stosunku do średnicy otworu oraz stabilizatora górnego.

5. TECHNIKA WIERCENIA OTWORÓW KIERUNKOWYCH Z WYKORZYSTANIEM ISTNIEJĄCEGO ODCINKA OTWORU

Dla otworu rekonstruowano po wykonaniu okna w rurach $9\frac{5}{8}$ " zacięcie nowego otworu w interwale 355–412 m wykonano zestawem z użyciem silnika wglębnego, nastawnego łącznika i świdra trójgrzyzowego o średnicy $8\frac{1}{2}$ ". Następnie używając tego samego zestawu, czyli sterowanego zestawu z użyciem silnika płuczkowego, ale ze świdrem typu PDC wykonano odcinek pionowy w przedziale głębokości 412–1200 m w górnej części równoległe do trajektorii rekonstruowanego otworu.

W drugim etapie odcinek kierunkowy (nabieranie kąta i azymutu) otworu $8\frac{1}{2}$ " wykonano silnikiem wglębnym $6\frac{3}{4}$ " z krzywym łącznikiem o kącie $1,15^\circ$ wykorzystując świder grzyzowy. Dla tego odcinka odchylenie rozpoczęto na głębokości 1200 m, a założony kąt odchylenia osi otworu uzyskano na głębokości 1550 m. W dalszej części wiercenia w celu utrzymania założonej trajektorii użyto zestawu z silnikiem płuczkowym i świdrem PDC. W końcowej fazie tj. w interwale 1760–2021 m system MWD dodatkowo wyposażono w sondę gamma. Wskazania sondy w połączeniu z wynikami innych pomiarów geofizycznych i odpowiedniej korelacji pozwoliły na bardzo precyzyjne nawiercenie docelowej warstwy. Po osiągnięciu zaplanowanej głębokości, czyli 1930 m (TVD) (2021 m MD) zapuszczono rury okładzinowe 7" i zacementowano je dwustopniowo do wierzchu. Ostatni odcinek otworu odwiercono średnicą $5\frac{7}{8}$ ". Otwór zakończono na głębokości 2040 m zapuszczając perforowane rury okładzinowe $4\frac{1}{2}$ ".

Nieco innej techniki użyto dla zmiany kierunku w przypadku otworu z wykonaną częścią pilotową. Ponieważ otwór był wcześniej zaprojektowany i założono wiercenie z odejściem od pierwotnej osi w projekcie prac wiertniczych przewidziano odchylenie osi otworu w nieorurowanej jego części. Jak wspomniano w punkcie 2, wiercenie właściwego otworu kierunkowego o średnicy 6" nastąpiło po zlikwidowaniu części otworu odwierconego

średnicą 8¹/₂” bezpośrednio pod butem rur okładzinowych 7” w wykonanym korku cementowym poprzez odchylenie osi otworu zestawem kierunkowym z krzywym łącznikiem. Część eksploatacyjną otworu zarurowano kolumną traconą (liner) o średnicy 4¹/₂” zapiętą na łączniku 100 m powyżej buta kolumny rur okładzinowych 7” i zacementowaną na zakładkę.

6. ZESTAWIENIE DOLNEJ CZĘŚCI PRZEWODU WIERTNICZEGO DLA OMAWIANYCH OTWORÓW KIERUNKOWYCH Z WYKORZYSTANIEM ISTNIEJĄCEGO ODCINKA

W tabelach 1 i 2 zestawiono budowę dolnej części przewodu wiertniczego stosowanych do wiercenia odcinków krzywoliniowych w omawianych otworach. We wszystkich przypadkach zastosowano silniki hydrauliczne.

Wszystkie zestawy wyposażono w systemy pomiarowe MWD. W zestawie do wiercenia otworu eksploatacyjnego z częścią pilotową zastosowano dodatkowo sondę gama do określania zmian litologicznych przewierczanych warstw.

Do wiercenia początkowych metrów (zacinania) używano narzędzi gryzowych z zębami frezowanymi. W przypadku długich marszy stosowano narzędzia typu PDC. Z analizy prac wiertniczych omawianych otworów wynika, że narzędzia gryzowe lepiej spisują się przy pracach z szybkim nabieraniem kąta odchylenia oraz przy stosunkowo krótkich promieniach krzywizny.

Tabela 1

Zestawienie dolnej części przewodu wiertniczego dla wiercenia otworu rekonstruowanego przy średnicy wiercenia o średnicy 8¹/₂”

Średnica nominalna	Element przewodu wiertniczego	Długość [m]	Długość skumulowana [m]
5”	Rury płczkowe	Do wierzchu	Do wierzchu
5”	Grubościenne rury płczkowe	37,45	149,30
6 ½”	Obciążniki	18,88	111,85
6 ½”	Nożyce wiertnicze	4,95	92,97
6 ½”	Obciążniki	56,81	88,02
6 ½”	Grubościenne rury płczkowe	9,38	31,21
6 ½”	Generator impulsów	1,03	21,83
6 ½”	Grubościenna niemagnetyczna rura płczkowa	9,04	20,80
6 ½”	Krzywy łącznik	1,13	11,76
6 ½”	Stabilizator 8 1/8”	1,17	10,73
6 ½”	Łącznik	0,99	9,46
6 ¾”	Silnik wgłębny Precision 7/8 M/L 5.0 1,15° BH	8,22	8,47
8 ½”	Świder M1 THX	0,25	0,25

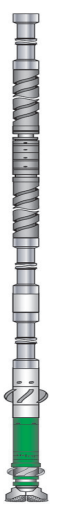
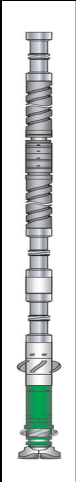


Tabela 2

Zestawienie dolnej części przewodu wiertniczego dla wiercenia otworu z odcinkiem pilotowym o średnicy 8¹/₂”

Średnica nominalna ["]	Element przewodu wiertniczego	Długość [m]	Długość skumulowana [m]
5”	Rury płuczkowe	Do wierzchu	Do wierzchu
6 ¾”	Łącznik	0,50	62,93
6 ½”	Obciążniki	30,00	62,43
6 ½”	Nożyce hydrauliczne	4,60	32,43
6 ½”	Niemagnetyczny obciążnik	9,14	27,83
6 ½”	Amortyzator drgań	0,85	18,69
6 ½”	Niemagnetyczny obciążnik z systemem MWD	9,45	17,84
6 ½”	Niemagnetyczny ustawialny łącznik	1,20	8,39
6 ½”	Łącznik	0,49	7,19
6 ¾”	Wgłębny silnik hydrauliczny Varidril 7830 1.83 BH	6,48	6,70
8 ½”	Świder UD 513	0,22	0,22



7. PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonych analiz wynika, że wykonanie wierceń kierunkowych z otworów już istniejących przy głębokościach w zakresie 2000–2500 m jest uzasadnione. Uzasadnieniem takim są koszty i czas trwania prac.

Do wiercenia otworów kierunkowych wykorzystuje się różne metody odchylenia osi otworu. W przypadku odchylenia osi otworu w nieorurowanej części otworu można używać metody z krzywym łącznikiem lub sterowalnego systemu z łącznikiem nawigacyjnym. Druga z metod jest używana zdecydowanie częściej ze względu na możliwość wiercenia zarówno odcinków krzywoliniowych jak również prostoliniowych. Dzięki temu ogranicza się ilość prac związanych z wyciąganiem i zapuszczaniem przewodu wiertniczego.

Z analizy raportów i dzienników wiertniczych dla analizowanych otworów wynika, że czas wykonania otworu był krótszy pomimo konieczności wykonania prac likwidacyjnych, co przeżyło się na zmniejszenie kosztów wykonania otworu. W stosunku do wiercenia otworu kierunkowego o podobnej konstrukcji bez wykorzystania istniejącej części oszczędności sięgają 20%.

Podczas wiercenia otworów rekonstruowanych czy otworów z likwidowaną jego częścią pomimo bardziej skomplikowanej techniki wiertniczej obserwuje się mniej komplikacji wiertniczych ze względu na wykorzystywanie doświadczeń z wiercenia otworów pierwotnych.

Wykorzystanie technik z wierceniem otworów kierunkowych z istniejących odcinków otworów będzie postępowało wraz ze starzeniem się infrastruktury otworów eksploatacyjnych pod względem technicznym oraz w przypadku prac mających na celu intensyfikację wydobywania. W pierwszym przypadku, jeśli stan techniczny części eksploatacyjnej będzie na tyle zły, że przeprowadzenie prac naprawczych będzie nieopłacalne jednym z alternatywnych rozwiązań obniżających koszty może być wykorzystanie części istniejącego otworu. Duża część otworów udostępniających złoża jest ciągle otworami pionowymi, co w tym przypadku użycia tej metody pozwoli na rekonstrukcję jak i zwiększenie wydajności otworu.

W drugim przypadku pomimo dobrego stanu otworu może dojść do zmian położenia konturów płynów złożowych, zakolmatowania strefy przyodwiertowej lub lokalny spadek filtracji ośrodka. Pomimo dobrego stanu otworu w tym przypadku może okazać się, że jedynym rozwiązaniem będzie wykonanie nowego otworu. W takim przypadku wiercenie otworu z wykorzystaniem już istniejącego będzie jednym z alternatywnych rozwiązań w stosunku do wykonania nowego otworu.

Wiercenia otworów kierunkowych z wykorzystaniem już istniejących lub ich rekonstruowanie technikami kierunkowymi pozwala na wykorzystanie istniejącej już infrastruktury napowierzchniowej, przez co ogranicza się koszty jak również skraca czas prac wiertniczych.

LITERATURA

- [1] Rado R., Lubaś J.: *Porównanie efektywności pracy różnych typów narzędzi wiertniczych*. Materiały z IX międzynarodowej konferencji naukowo-technicznej, Wydawnictwo AGH, Kraków 1998
- [2] Wiśniowski R., Stryczek S., Skrzypaczek K.: *Horizontal well path designing with catenary metod*. Materiały konferencyjne: Nové poznatky v oblasti vrtania, tazby, dopravy
- [3] Rado R., Lubaś J.: *Porównanie efektywności pracy różnych typów narzędzi wiertniczych*. Materiały z IX międzynarodowej konferencji naukowo-technicznej, Wydawnictwo AGH, Kraków 1998
- [4] Szostak L.: *Wiertnictwo*. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1989
- [5] Szostak L., Chrzaszcz W., Wiśniowski R.: *Narzędzia wierzące*. Wydawnictwo AGH, Kraków 1996
- [6] Wiśniowski R., Stryczek S., Skrzypaczek K.: *Horizontal well path designing with catenary metod*. Materiały konferencyjne: Nové poznatky v oblasti vrtania, tazby, dopravy a uskladnovania uhl'ovodíkov Podbanské 2002 : XI. medzinárodná vedeko-technická konferencia: 29–31 oktobra 2002, Podbanské, Slovensko
- [7] Wiśniowski R.: *New drilling methods for the conductor casing operations*. Acta Montanistica Slovaca, 2006

- [8] Ziaja J., Wiśniowski R.: *Decision model and criteria of selection of rational schemes of casing in drilling wells*. Materiały Konferencyjne VSB Ostrawa: Mineral raw materials and mining activity of the 21st century: January 30–31, 2001 Ostrava
- [7] Introduction to DIRECTIONAL AND HORIZONTAL DRILLING J. A. „JIM” SHORT Well Books PENNWELL PUBLISHING COMPANY TULSA, Oklahoma 1998
- [8] Carl Gatlin Petroleum Engineering Drilling and Well Completions University of Texas 2001