

Romuald Radwan*, Janusz Wandzel*

**TESTY PRODUKCYJNE
POŁĄCZONE ZE WSTĘPNYM ODSIARCZANIEM
SUROWEJ ROPY NAFTOWEJ NA ZŁOŻU LGM**

Testy produkcyjne na złożu LGM (Lubiatów-Międzychód-Grotów) zostały zapoczątkowane przez opróbowania przeprowadzone urządzeniem w konfiguracji standardowej, a wykonane w odwiercie Międzychód-4, Międzychód-6 oraz Międzychód-5, począwszy od czerwca 2001 roku. Ciśnienie głowicowe statyczne na odwiercie Międzychód-5 wynosiło 290 bar, wydajność dla gazu wynosiła od 36 do 72 m³/min, natomiast dla ropy wahała się od 14 do 21 m³/dobę. Konfiguracja urządzenia do powierzchniowego testowania odwiertów produkcji francuskiej w wersji standardowej została przedstawiona na rysunku 1.

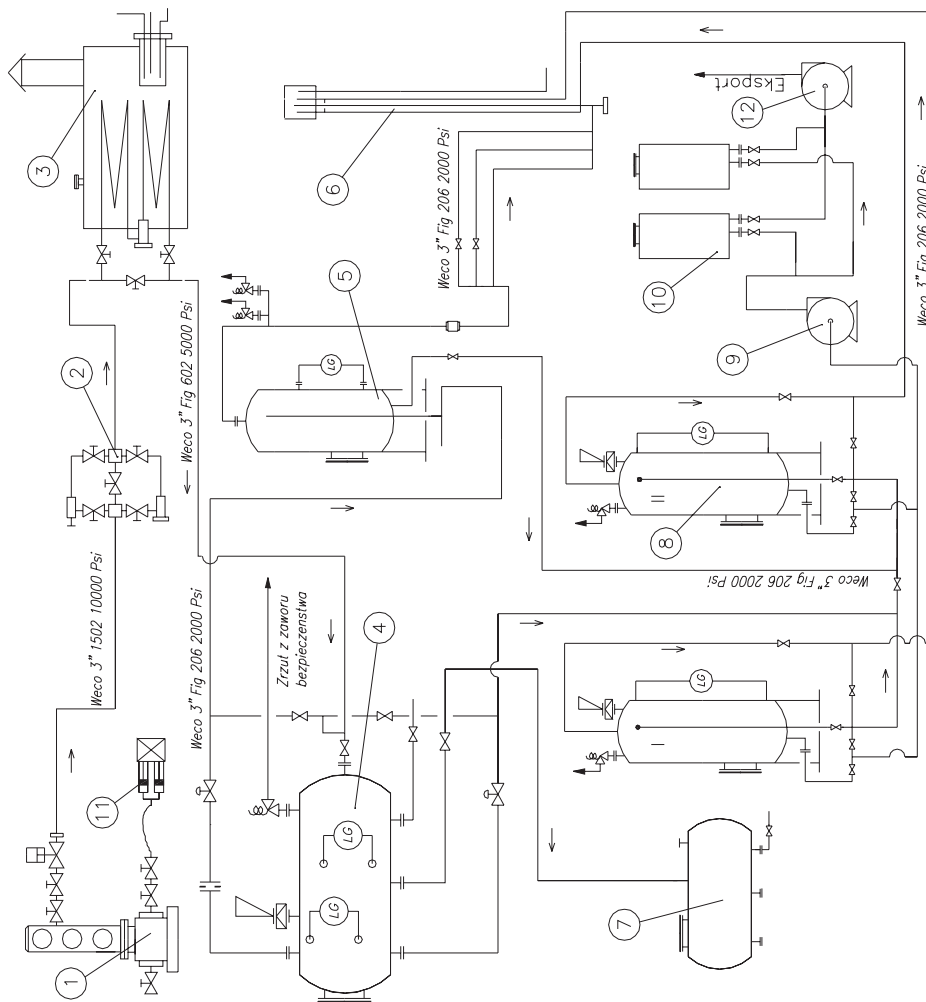
W roku 2003 zgodnie z wymaganiami inwestorów należało ropę naftową surową eksploatowaną z odwiertów w czasie testów produkcyjnych odsiarczać do parametrów handlowych. Pierwszym odwiertem, na którym warunkiem przeprowadzenia testu produkcyjnego było uzyskanie ropy o parametrach handlowych, tzn. aby zasiarczenie nie przekraczało 300 mg/litr, był odwiert Lubiatów-1. W celu spełnienia wymagań zlecniodawcy rozbudowano instalacje do testowania odwiertów, zamontowano dodatkowe urządzenia i wyposażenie umożliwiające odsiarczenie ropy naftowej.

Z uwagi na przewoźny charakter urządzeń do wykonywania testów produkcyjnych oraz fakt, że nie można wykorzystać do wstępnego odsiarczania ropy technik stosowanych w nowoczesnych kopalniach ropy (np. Dębno), zdecydowano o zastosowaniu jedynie możliwego rozwiązania, a mianowicie podgrzewania i separacji ropy. Uznano, iż głównym czynnikiem wymuszającym zmniejszanie zawartości siarki w ropie (w postaci siarkowodoru) będzie jej kilkakrotne podgrzanie w podgrzewaczu przepływowym, a następnie wielokrotne przepompowanie ogrzanej ropy pomiędzy zbiornikami w systemie kaskadowym. Gaz ziemny z zawartością siarkowodoru wydzielony z ropy podczas tej operacji będzie spalany w kominie zrzutowym dodatkowymi ciągami technologicznymi.

* Poszukiwania Naftowe „Diament” Sp. z o.o., Zielona Góra

LEGENDA

- 1 Głowica odwiertu
- 2 Manifold 3 1/16 10000 Psi
- 3 Podgrzewacz przepływowy
- 4 Separator trójfazowy 1440 Psi
- 5 Odstożnik kolumna zrzutowego V = 7 m³, 70 Psi
- 6 Pionowa fiara gazowa, komin zrzutowy H = 24 m
- 7 Zbiornik wody złożowej
- 8 Zbiornik pomiarowy V = 16 m³
- 9 Pompa transferowa spalinowa
- 10 Zbiornik ropy naftowej V = 50 m³
- 11 Pompa NDB do kontroli ciśnienia w przestrzeni pierścieniowej
- 12 Elektryczna pompa transferowa



- Zasuwa bezpieczeństwa
- Zawór kulkowy
- Zasuwa suwakowa
- Zawór regulacyjny
- Pompa manipulacyjna
- Kryza pomiarowa dla gazu
- Poziomowskaz
- Zawór bezpieczeństwa
- Płytkę bezpieczeństwa
- Przerwywacz płomienia

Rys. 1. Schemat instalacji do napowierzchniowego testowania odwiertów francuskiej PN „Diamant” Sp. z o.o., Zielona Góra

Testy połączone ze wstępnym odsiarczaniem ropy naftowej surowej urządzeniem w wersji rozszerzonej, poczynając od pierwszego odwiertu Lubiatów-1 aż do chwili obecnej (odwiert Lubiatów-7H), były przeprowadzane z podwykonawcą PN „Diamant” – firmą „Budnaft” Sp. z o.o. z Kamienia Pomorskiego.

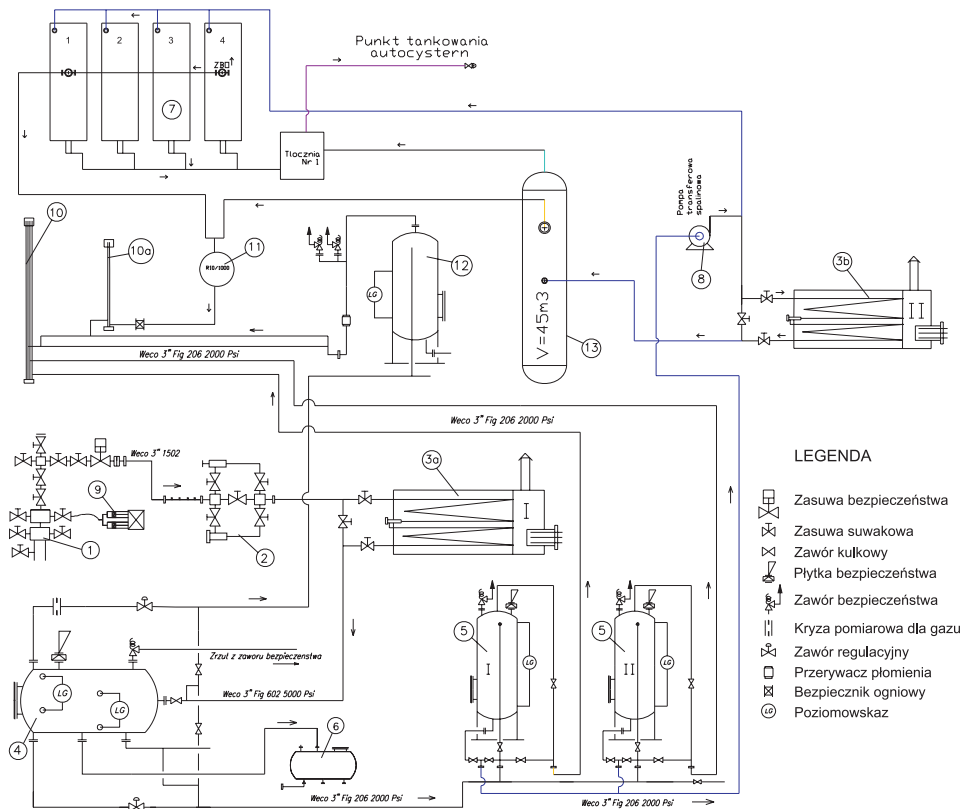
Opróbowanie odwiertu Lubiatów-1 urządzeniem w wersji rozszerzonej zostało rozpoczęte w kwietniu, a zakończone w czerwcu 2003 r. Z odwiertu wydobyto około 5400 m³ ropy przy wydajności od 76 do 264 m³/dobę, wydajność dla gazu wynosiła od 10 do 31 m³/min, ciśnienie głowicowe statyczne wynosiło 220 barów. Zawartość siarkowodoru w gazie stanowiła około 7% objętości. Należy zwrócić uwagę, iż zawartość siarki w ropie wysyłanej cysternami kolejowymi mieściła się w przedziale od 90 do 200 mg/litr, co jednoznacznie wskazywało na skuteczność przyjętej metody odsiarczania.

Schemat instalacji rozbudowanej o system wstępnego odsiarczania na odwiercie pokazano na rysunku 2. Ponieważ instalację przedstawioną na rysunku zastosowano po raz pierwszy, zostanie ona szczegółowo omówiona. I tak płyn złożowy po redukcji ciśnienia na manifoldzie (rys. 2, poz. nr 2) oraz po podgrzaniu w węzownikach podgrzewacza (poz. nr 3a) zostaje skierowany na separator (poz. nr 4) celem rozdzielenia na poszczególne frakcje, tzn. wodę, ropę naftową oraz gaz. Gaz kierowany jest do spalania na kominie zrzutowej (poz. nr 10) za pośrednictwem odstojnika komina zrzutowego (poz. nr 12), w którym zostają oddzielone wyższe węglowodory wchodzące w skład mieszaniny gazu z separatora. Woda złożowa gromadzona jest w zbiorniku (poz. nr 6) i okresowo wywożona do utylizacji.

Ropa naftowa surowa wychodząca z separatora kierowana jest do zbiornika pomiarowego (poz. nr 5), w którym następuje jej odgazowanie do ciśnienia atmosferycznego oraz dokładny pomiar. Następnie ropa jest przepompowana pompą transferową (poz. nr 8) do separatora poziomego o objętości $V = 45 \text{ m}^3$ (poz. nr 13) poprzez podgrzewacz przepływowy ropy (poz. nr 3b). Po podgrzaniu ropy w węzownikach siarkowodór rozpuszczony w ropie zostaje oddzielony w separatorze poziomym i skierowany do spalania na kominie zrzutowej niskociśnieniowej (poz. nr 10a). W celu niedopuszczenia do utraty drożności przez gazociąg z separatora poziomego, w którym na skutek różnicy temperatur następuje wydzielanie się węglowodorów, zastosowano oddzielacz pionowy o objętości 2,5 m³ (poz. nr 11). Oddzielacz gromadzi węglowodory płynne, które są okresowo odbierane przez obsługę urządzenia. Ropa naftowa dalej kierowana jest za pośrednictwem tłoczni ropy nr 1 do jednego ze zbiorników $V = 50 \text{ m}^3$ (poz. nr 7), a z stamtąd w zależności od stopnia zsiarczenia może być kierowana do wysyłki autocysterną lub też na następny obieg do separatora poziomego (poz. nr 13) po uprzednim podgrzaniu w węzownikach podgrzewacza przepływowego ropy (poz. nr 3b). Dalej cykl odsiarczania jest powtarzany, aż do uzyskania zadowalających wyników.

Zbiorniki o objętości $V = 50 \text{ m}^3$ przedstawione na schemacie są również połączone rurociągiem gazowym do komina zrzutowego niskociśnieniowego (poz. nr 10a) celem spalania gazu powstałego z termicznej obróbki ropy. Gaz kierowany jest przez oddzielacz o objętości $V = 2,5 \text{ m}^3$ (poz. nr 11) do spalania na kominie zrzutowej niskociśnieniowej.

Komin zrzutowy niskociśnieniowy (poz. nr 10a) na odwiercie Lubiatów-1 miał wysokość 10 metrów. W celu zapewnienia ciągłego procesu spalania, płomień na palniku był podtrzymywany za pośrednictwem gazu z odstojnika (poz. nr 12). Wszystkie gazociągi zabezpieczone były przez kulkowe lub rurkowe bezpieczniki ogniowe.

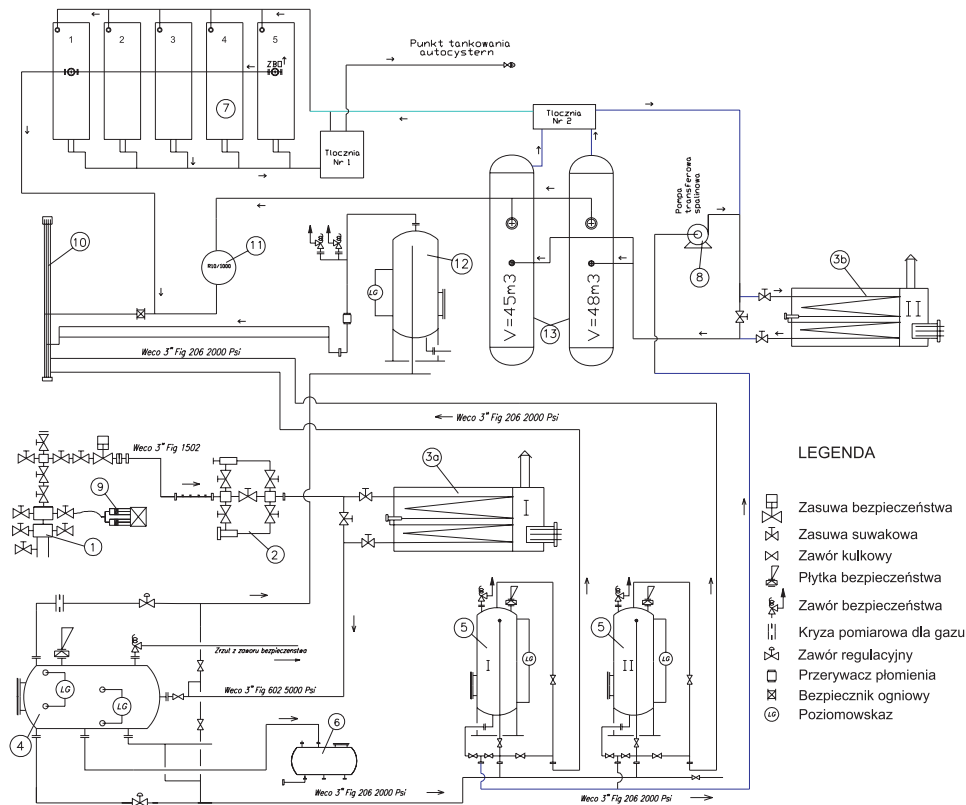


Rys. 2. Odwiert Lubiatów-1, kwiecień – czerwiec 2003 r.

Zbiorniki o objętości $V = 50 \text{ m}^3$ pokazane na schemacie zostały usytuowane w obwałowaniu ziemnym, które dodatkowo było zabezpieczone geomembraną wykonaną z tworzywa sztucznego o grubości 2 mm. Wszystkie zbiorniki zostały zabezpieczone przez zawory oddechowe wraz z kulowymi bezpiecznikami ogniowymi.

Odwierty, w których wykonywano następne rozszerzone testy produkcyjne, tzn. połączone z odsiarczaniem ropy, od Lubiatów-1 nie różniły się wiele, jeżeli chodzi o konfigurację dodatkowego sprzętu i wyposażenia. Zrezygnowano jedynie z komina zrzutowego niskociśnieniowego, a całość siarkowodoru powstałego z separacji gazu spalano dodatkową nitką na głównym kominie zrzutowym.

Następnym w kolejności odwiertem, w którym zastosowano rozszerzoną wersję urządzenia do testów z modyfikacjami jest odwiert Sowiec Góra-4 (rys. 3). Dodano do istniejącego separatora o objętości $V = 45 \text{ m}^3$ dodatkowy separator o objętości $V = 48 \text{ m}^3$, wykonano dodatkową pompę do przetłaczania ropy pomiędzy separatorami oraz zmieniono połączenia rurociągów pomiędzy tłoczniami oraz zbiornikami. Zmiany te pozwoliły na głębsze odsiarczenie ropy gdyż w tej konfiguracji można było wykonywać dwa niezależne obiegi ropy, tzn. jeden obieg pomiędzy separatorami o objętości $V = 45 \text{ m}^3$ oraz $V = 48 \text{ m}^3$ (poz. nr 13), a drugi obieg pomiędzy zbiornikami $V = 50 \text{ m}^3$.



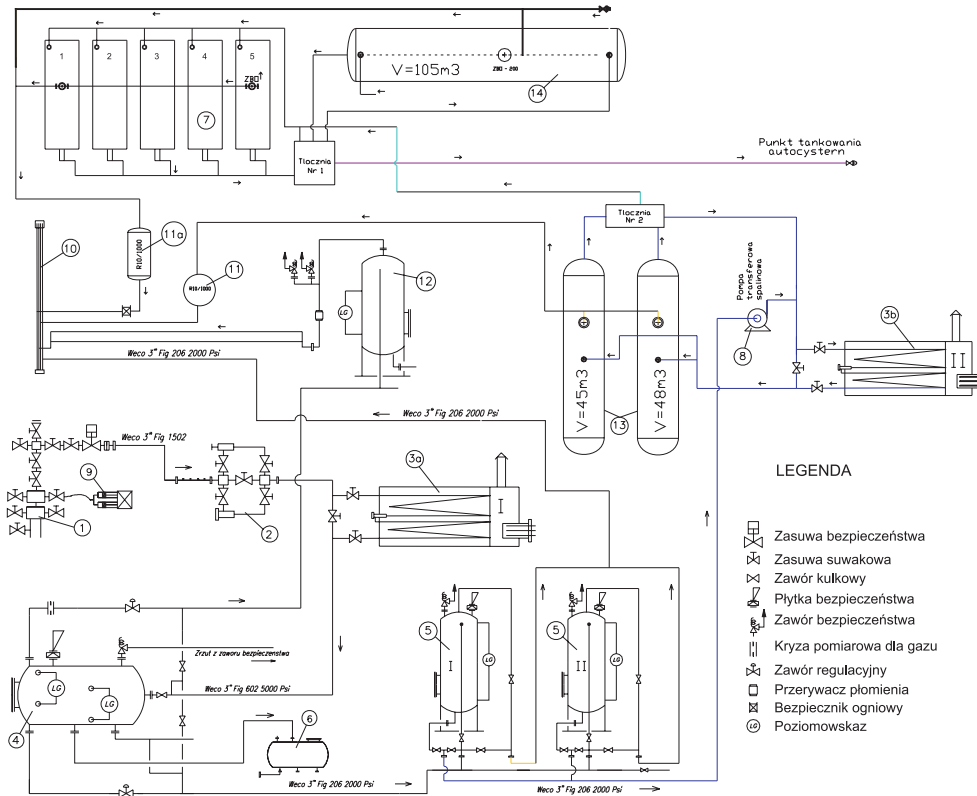
LEGENDA

- ☒ Zasuwa bezpieczeństwa
- ☒ Zasuwa suwakowa
- ☒ Zawór kulkowy
- ☒ Płytkę bezpieczeństwa
- ☒ Zawór bezpieczeństwa
- ☒ Kryza pomiarowa dla gazu
- ☒ Zawór regulacyjny
- ☒ Przerwywacz płomienia
- ☒ Bezpiecznik ogniowy
- ☒ Poziomowskaz

Rys. 3. Odwiert Sowa Góra-4, maj – czerwiec 2005 r.

Z odwiertu wydobyto około 1700 m³ ropy przy wydajności od 69 do 139 m³/dobę, wydajność dla gazu wynosiła od 10 do 21 m³/min, ciśnienie głowicowe statyczne wynosiło 216 barów. Zawartość siarkowodoru w gazie stanowiła około 14% objętości.

Zasiarczenie ropy surowej na wyjściu z separatora na odwiercie Sowa Góra-4 wynosiło około 2000 mg/litr, natomiast po wykonaniu kilku obiegów pomiędzy separatorami poziomymi (poz. nr 13) a podgrzewaczem przepływowym (poz. nr 3b) można było uzyskać wartość zasiarczenia od 220 do 400 mg/litr. Ropa po wstępnych zabiegach związanych z odsiarczaniem, którą napełniano cysterny kolejowe, nie przekraczała wartości granicznej ustalonej przez zleceniodawcę, a mianowicie 300 mg/litr. Dalszą modyfikację instalacji do wstępnego odsiarczania ropy podczas testu przeprowadzono na następnym w kolejności odwiercie Sowa Góra-1 (rys. 4). Do istniejących dwóch separatorów poziomych (o objętości $V = 45 \text{ m}^3$ oraz $V = 48 \text{ m}^3$) dodano dodatkowy o objętości $V = 105 \text{ m}^3$ (poz. nr 14). Wykonano również dodatkową tłocznię ropy nr 2 do przetłaczania ropy pomiędzy separatorami. Z uwagi na znaczną liczbę rurowciągów gazowych pod bardzo niskim ciśnieniem dodano dodatkowy oddzielacz pionowy o objętości $V = 2,5 \text{ m}^3$ (poz. nr 11a), który ma podobne zadanie jak oddzielacz nr 11, tzn. gromadzenia węglowodorów płynnych i niedopuszczenie do utraty drożności przez gazociągi prowadzące na komin zrzutowy.



Rys. 4. Odwiert Sowa Góra-4, wrzesień – grudzień 2005 r.

Zmiany te pozwoliły na znaczne obniżenie zawartości siarki w ropie, gdyż w tej konfiguracji można było wykonywać dwa niezależne obiegi ropy, tzn. jeden obieg pomiędzy separatorami $V = 45 \text{ m}^3$ oraz $V = 48 \text{ m}^3$ (poz. nr 13), a drugi obieg pomiędzy zbiornikami $V = 50 \text{ m}^3$, (poz. nr 7), autocysterny natomiast były tankowane ze zbiornika $V = 105 \text{ m}^3$. Zasiarczenie ropy surowej z separatora wynosiło około 1000 mg/litr. Po wykonaniu kilku opisanych powyżej obiegów wartość zasiarczenia ropy gotowej do wywozu a znajdującej się w zbiorniku $V = 105 \text{ m}^3$ wynosiła około 150 mg/litr. Zawartość siarki w ropie wysyłanej cysternami kolejowymi podczas całego testu mieściła się w przedziale od 90 do 150 mg/l, więc zgodnie z żądaniem zleceniodawcy. Z omawianego odwiertu wydobyto łącznie 13 000 m^3 ropy przy wydajności od 33 do 156 $\text{m}^3/\text{dobę}$, wydajność dla gazu wynosiła średnio 65 m^3/min , ciśnienie głowicowe statyczne wynosiło 313 barów, natomiast maksymalna zanotowana temperatura płynu złożowego wydobywanego z odwiertu wynosiła 70°C. Zawartość siarkowodoru w gazie stanowiła około 6% objętości gazu.

Na odwiercie Sowa Góra-1, dzięki wyposażeniu zbiornika o objętości $V = 105 \text{ m}^3$ w dodatkową instalacji z rur perforowanych, przeprowadzono w skali doświadczalnej oraz półprzemysłowej przemywanie ropy naftowej azotem. Skalę doświadczalną przeprowadzono za pomocą czterech butli azotu, a po pozytywnych rezultatach wykonano próbę w skali

półprzemysłowej przy użyciu jednostki azotowej w czasie pięciu dni. W skali półprzemysłowej stwierdzono obniżenie zawartości siarki rozpuszczonej w ropie o około 42%.

W kolejnym odwiercie (Lubiatów-7H) przeprowadzono test produkcyjny połączony ze wstępnym odsiarczaniem w konfiguracji rozszerzonej. Dzięki danym uzyskanym podczas wywołania i oczyszczania odwiertu przygotowano optymalnie urządzenie do pomiaru spodziewanych wydatków przepływu dla ropy, a wynoszących do 700 m³/dobę.

Dzięki danym z oczyszczania bezpośrednio po redukcji ciśnienia głowicowego, która ma miejsce na manifoldzie, zamontowano separator (w normalnej konfiguracji zamontowany jest podgrzewacz przepływowy). Dzięki takiej modyfikacji, dodatkowy podgrzewacz został zamontowany w ciąg technologiczny odsiarczalni.

Na odwiercie zamontowano dwa oddzielacze poziome o objętości $V = 105 \text{ m}^3$ oraz $V = 80 \text{ m}^3$ z możliwością przemywania ropy naftowej azotem w obu zbiornikach. Dopuszczono również urządzenie w dodatkową pompę wirową oraz co najważniejsze – pozyskano zbiornik na ciekły azot o objętości 50 m³ wraz z niezależnym wymiennikiem ciepła (parownikiem) o dużej wydajności gazowej.

Zasiarczenie ropy surowej na wyjściu z separatora na odwiercie Lubiatów-7H wynosiło około 1000 mg/litr, natomiast po wykonaniu pełnego obiegu odsiarczalni można było uzyskać dla ropy w cysternach kolejowych wartości zasiarczenia mieszczące się w granicach od 50 do 70 mg/l. Ciśnienie głowicowe statyczne wynosiło 221 barów, maksymalna temperatura wydobywanego płynu złożowego przekroczyła 80°C. Zawartość siarkowodoru w gazie stanowiła około 9% objętości.

Dzięki pozytywnym результатам prób przeprowadzonych na odwiercie Sowa Góra-1 podczas prac na odwiercie horyzontalnym Lubiatów-7H zastosowano przemysłowo azot do przemywania ropy w dwóch zbiornikach o łącznej objętości około 190 m³. Obecnie można stwierdzić, iż zastosowanie azotu do odsiarczania jest jedną z najbardziej efektywnych metod możliwych do zastosowania bez zaangażowania skomplikowanych urządzeń technicznych oraz środków chemicznych. Dzięki tej metodzie uzyskano bardzo głębokie odsiarczenie ropy przy jednoczesnym bardzo dużym wydatku dobowym z odwiertu, a dochodzącym na zwężce maksymalnie do 660 m³/dobę.

W artykule przedstawiono rozwój instalacji w wersji rozszerzonej w czasie od pierwszego opróbowania wykonanego w 2003 roku do chwili obecnej. Można zauważyć, jak duże są różnice, jeżeli chodzi o ilość zgromadzonych środków technicznych. Podczas następnym testów będą prowadzone dalsze modyfikacje instalacji mające na celu uproszczenie schematu technologicznego oraz zwiększenie jej niezawodności i efektywności.