

Joanna Zaleska-Bartosz, Joanna Niemczewska

Institut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

Emisje hałasu w górnictwie nafty i gazu – wiertnie

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów hałasu środowiskowego towarzyszącego pracy urządzeń eksploatowanych na różnych etapach wiercenia otworu. Uzyskane wyniki posłużyły autorom do przeprowadzenia symulacji w celu określenia przybliżonych poziomów mocy akustycznych urządzeń, których równoczesna praca na wiertni była źródłem hałasu na zmierzonym poziomie.

Słowa kluczowe: hałas, wiertnia, poziom mocy akustycznej.

Noise emissions in oil and gas mining – drilling

The article presents the results of environmental noise measurements accompanying the work of equipment operated at different stages of drilling. The obtained results were used by the authors to perform simulations aimed at estimating the approximate sound power levels of devices, for which the simultaneous work on the drilling was the source of noise at the measured level.

Key words: noise, drilling, sound power level.

Wstęp

Emisje hałasu do środowiska w górnictwie ropy naftowej i gazu ziemnego towarzyszą pracom realizowanym zarówno na etapie poszukiwań, jak i podczas eksploatacji złóż. Hałas emitowany w związku z pracą urządzeń i instalacji może powodować przekraczanie standardów jakości środowiska, a tym samym stwarzać zagrożenie dla środowiska przyrodniczego oraz stanowić uciążliwość dla ludzi, zwłaszcza w przypadku obiektów zlokalizowanych w bliskim sąsiedztwie terenów podlegających ochronie akustycznej [5].

Analizy oddziaływania na klimat akustyczny urządzeń i instalacji stosowanych w górnictwie nafty i gazu są przedmiotem różnego rodzaju ekspertyz, w tym między innymi raportów o oddziaływaniu na środowisko (tzw. raportów OOS), opracowywanych z reguły na wstępnym etapie inwestycyjnym, w fazie uzyskiwania przez inwestorów decyzji o środo-

wiskowych uwarunkowaniach realizacji planowanego przedsięwzięcia. W praktyce ocenie oddziaływania na środowisko poddawane są przedsięwzięcia znajdujące się na etapie koncepcyjnym, na którym brak jest jeszcze danych technicznych dotyczących urządzeń i instalacji, w tym ich charakterystyk jako źródeł hałasu. W związku z tym opracowujący raporty OOS wykorzystują informacje i dane uzyskane z eksploatacji urządzeń pracujących na podobnych obiektach. Przy sporządzaniu ocen oddziaływania pod kątem emisji hałasu niezwykle przydatna jest znajomość poziomów mocy akustycznych źródeł hałasu. Na podstawie tych danych i przy uwzględnieniu warunków środowiskowych charakteryzujących teren planowanych prac można przeprowadzić symulację propagacji hałasu i sporządzić prognozę wpływu pracy analizowanych urządzeń na środowisko akustyczne.

Źródła hałasu na wiertniach

Źródłem hałasu na wiertniach jest praca wielu urządzeń, w tym przede wszystkim wiertnicy, pomp płuczkowych, wentylatorów, sprzężarek powietrza, agregatów oraz podzespołów wchodzących w skład urządzenia wiertniczego i technicznych urządzeń pomocniczych. Część z tych urządzeń pracu-

je wewnątrz kontenerów lub posiada własne obudowy dźwiękochłonne (silniki napędowe, pompy płuczkowe, agregaty prądotwórcze), a część działa na zewnątrz (stół wiertniczy, wyciąg, sita wibracyjne, mieszalniki płuczki, wirówki itp.). Wszystkie te urządzenia podczas pracy wiertni emitują hałas,

którego natężenie jest wypadkową oddziaływań poszczególnych źródeł [1, 4].

Prace wiertnicze prowadzone są w systemie ciągłym, całodobowym, w związku z tym urządzenia technologiczne wiertni emitują hałas o ustalonym poziomie dźwięku, w sposób przeważnie równomierny w ciągu doby. Niemniej jednak wielkość emisji hałasu zmienia się w zależności od etapu prac związanych z wierceniem otworu. Każdy z tych etapów, na które składają się operacje: pogłębiania otworu metodą wiercenia, zapuszczania przewodu wiertniczego, wyciągania przewodu wiertniczego, cementowania rur, syfonowa-

nia, płukania, cechuje inny poziom hałasu przenikającego do środowiska [3, 4].

Poziom hałasu emitowanego z terenu wiertni do środowiska uzależniony jest przede wszystkim od liczby i mocy silników napędzających urządzenia wiertnicze. Stopień uciążliwości hałasowej wiertni, a więc zasięg rozprzestrzeniania się hałasu w środowisku, zależy od parametrów akustycznych urządzeń, ale również od zagospodarowania placu wiertni (usytuowania poszczególnych urządzeń względem siebie, stosowania kontenerów, ekranów dźwiękochłonnych), a także od morfologii terenu otaczającego wiertnię i od sposobu jego użytkowania.

Pomiary i obliczenia hałasu środowiskowego

Pomiary hałasu będącego wynikiem pracy urządzeń na wiertni wykonano metodą rejestracji elementarnych próbek hałasu zgodnie z metodyką referencyjną opisaną w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody [6]. Pomiary w trakcie wiercenia otworu przeprowadzono w punktach pomiarowych wyznaczonych na granicy terenu badanego obiektu oraz w jego najbliższej okolicy, w tym na terenach podlegających ochronie (terenach z zabudową mieszkalną). Z uwagi na to, że prace wiertnicze cechuje hałas stały w czasie, to znaczy zmiany poziomu dźwięku nie przekraczają 5 dB, czas pojedynczego pomiaru t_0 wynosił 60 sekund. W zależności od różnicy między najwyższą a najniższą wartością zmierzonego poziomu hałasu w danym przedziale czasu – liczba pomiarów (n) wynosiła od 3 do 5. Badania prowadzono w porze dziennej.

Z powodu braku możliwości wykonania pomiarów tła akustycznego przy wyłączonych źródłach hałasu, badania tła wykonano w najbliższych położonych miejscach placu odpowiadających sposobowi użytkowania terenu, w jakim usytuowana była dana wiertnia.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów elementarnych próbek hałasu (L_{Ak}) wyznaczono średni poziom dźwięku L_{Asr} , a następnie obliczono poziom emisji hałasu w środowisku (L_{Aek}), stanowiący różnicę średniego poziomu dźwię-

ku L_{Asr} i wartości średniego poziomu tła akustycznego L_{At} zgodnie ze wzorem:

$$L_{Aek} = 10 \log (10^{0,1 L_{Asr}} - 10^{0,1 L_{At}})$$

gdzie:

L_{Asr} – średni poziom dźwięku dla przedziału czasu t_p lub średni poziom dźwięku dla danego źródła [dB],

L_{At} – średni poziom tła akustycznego [dB].

Na podstawie wyznaczonych średnich poziomów dźwięku L_{Asr} obliczono poziom hałasu $L_{Aeq T}$ w punktach pomiarowych, wyrażony równoważnym poziomem dźwięku A dla czasu odniesienia T, w poszczególnych przedziałach czasu t_p , przy czym przyjęto, że źródła dźwięku emitują hałas o jednakowym poziomie (ustalonym) w całym czasie odniesienia, czyli $t_p = t_0$ i w związku z tym $L_{Aek} = L_{Aeq}$.

Wyniki pomiarów podano z określeniem niepewności rozszerzonej dla poziomu ufności $p = 95\%$ i współczynnika rozszerzenia $k = 2$. Wynik pomiaru poziomu hałasu uzyskany przy zastosowaniu niniejszej metodyki uważa się za prawidłowy, jeśli wartość przedziału niepewności rozszerzonej U_{95} jest mniejsza lub równa 2,7 dB [2, 6].

Pomiary przeprowadzono, stosując całkujący miernik poziomu dźwięku Bruel & Kjaer typ 2250 wraz z kalibratorem akustycznym Brüel & Kjaer typ 4231. Użyte urządzenia pomiarowe spełniają wymagania klasy dokładności 1.

Obiekty badań

Obiektem badań, na którym wykonano pomiary hałasu emitowanego do środowiska oraz dla którego przeprowadzono obliczenia symulacyjne w programie IMMI w celu określenia przybliżonych wartości mocy akustycznych urządzeń, była wiertnia Parkosz-2K. Pomiary wykonano w porze dziennej. Objęto nimi etapy:

- pogłębiania otworu (wiercenia),
- marszu kontrolnego (podciągania),
- rurowania,
- cementowania.

Odwiert Parkosz-2K wykonywany był za pomocą urządzenia wiertniczego DRILLMEC MR-8000.

Wyniki pomiarów hałasu emitowanego do środowiska

W tablicach przedstawiono wartości równoważnego poziomu dźwięku wyznaczone na podstawie przeprowadzonych pomiarów hałasu emitowanego z placu wiertni Parkosz-2K podczas etapów: wiercenia, podciągania (marszu kontrolnego), rurowania i cementowania.

Wyniki pomiarów zaprezentowano na mapach z lokalizacją punktów pomiarowych.

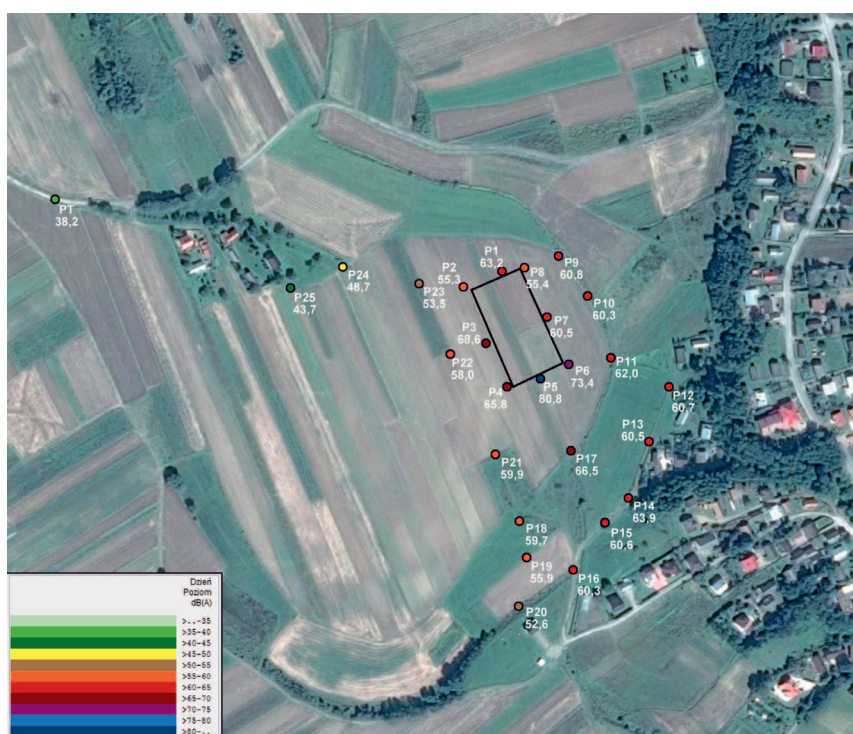
W trakcie wiercenia otworu Parkosz-2K głównymi emitarami hałasu na terenie wiertni były:

- dwa agregaty prądotwórcze Caterpillar Cat C18 o mocy 300 KM każdy,
- silnik Caterpillar Cat C15 o mocy 500 KM, stanowiący napęd wyciągu wiertniczego,
- dwa silniki Caterpillar Cat D398 o mocy 500 KM każdy, stanowiące zasilanie pomp płuczkowych,
- silnik jednostki napędowej Top Drive,
- hamulec.

Zmierzony poziom tła akustycznego wynosił 38,2 dB.

Tablica 1. Wiertnia Parkosz-2K – etap wiercenia

Oznaczenie punktu pomiarowego	Wartości równoważnego poziomu dźwięku A dla czasu odniesienia T		Niepewność pomiaru U_{95} [dB]		Oznaczenie punktu pomiarowego	Wartości równoważnego poziomu dźwięku A dla czasu odniesienia T		Niepewność pomiaru U_{95} [dB]	
	L_{Aeq} [dB]	symbol	wartość	symbol		L_{Aeq} [dB]	symbol	wartość	
Tło akustyczne	–	U_{95}	0,6	P13	60,5	U_{95}	0,6		
P1	63,2	U_{95}	0,6	P14	63,9	U_{95}	0,6		
P2	55,3	U_{95}	0,6	P15	60,6	U_{95}	0,6		
P3	68,6	U_{95}	0,6	P16	60,3	U_{95}	0,6		
P4	65,8	U_{95}	0,7	P17	66,5	U_{95}	0,6		
P5	80,8	U_{95}	0,8	P18	59,7	U_{95}	0,6		
P6	73,4	U_{95}	0,6	P19	55,9	U_{95}	0,7		
P7	60,5	U_{95}	0,6	P20	52,6	U_{95}	0,7		
P8	55,4	U_{95}	0,7	P21	59,9	U_{95}	0,6		
P9	60,8	U_{95}	0,6	P22	58,0	U_{95}	0,6		
P10	60,3	U_{95}	0,6	P23	53,5	U_{95}	0,7		
P11	62,0	U_{95}	0,6	P24	48,7	U_{95}	0,6		
P12	60,7	U_{95}	0,8	P25	43,7	U_{95}	0,6		



Rys. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych wokół wiertni Parkosz-2K wraz ze zmierzonym poziomem dźwięku – etap wiercenia

W trakcie marszu kontrolnego (podciągania) głównymi emitarami hałasu na terenie wiertni Parkosz-2K były:

- dwa agregaty prądotwórcze Caterpillar Cat C18 o mocy 300 KM każdy,
- silnik Caterpillar Cat C15 o mocy 500 KM, stanowiący napęd wyciągu wiertniczego,

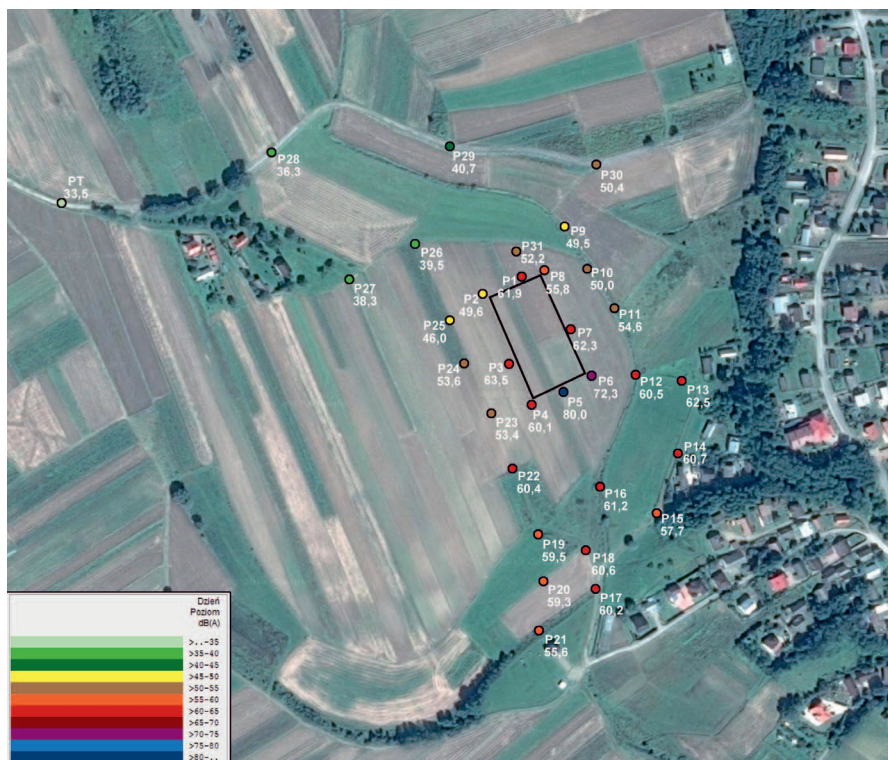
- silnik Caterpillar Cat D398 o mocy 500 KM, stanowiący zasilanie pompy płuczkowej,
- taśmy hamulcowe wyciągu.

Zmierzony poziom tła akustycznego wynosił 33,5 dB.

W trakcie rurowania głównymi emitarami hałasu na terenie wiertni Parkosz-2K były:

Tablica 2. Wiertnia Parkosz-2K – etap marszu kontrolnego

Oznaczenie punktu pomiarowego	Wartości równoważnego poziomu dźwięku A dla czasu odniesienia T	Niepewność pomiaru U_{95} [dB]		Oznaczenie punktu pomiarowego	Wartości równoważnego poziomu dźwięku A dla czasu odniesienia T	Niepewność pomiaru U_{95} [dB]	
	L_{Aeq} [dB]	symbol	wartość		L_{Aeq} [dB]	symbol	wartość
Tło akustyczne	–	U_{95}	0,6	P16	61,2	U_{95}	0,6
P1	61,9	U_{95}	0,8	P17	60,2	U_{95}	0,7
P2	49,6	U_{95}	0,6	P18	60,6	U_{95}	0,8
P3	63,5	U_{95}	0,7	P19	59,5	U_{95}	0,6
P4	60,1	U_{95}	0,6	P20	59,3	U_{95}	0,6
P5	80,0	U_{95}	0,6	P21	55,6	U_{95}	0,7
P6	72,3	U_{95}	0,6	P22	60,4	U_{95}	0,6
P7	62,3	U_{95}	0,6	P23	53,4	U_{95}	0,6
P8	55,8	U_{95}	0,6	P24	53,6	U_{95}	0,6
P9	49,5	U_{95}	0,6	P25	46,0	U_{95}	0,6
P10	50,0	U_{95}	0,6	P26	39,5	U_{95}	0,6
P11	54,6	U_{95}	0,7	P27	38,3	U_{95}	0,6
P12	60,5	U_{95}	0,6	P28	33,1	U_{95}	0,6
P13	62,5	U_{95}	0,6	P29	40,7	U_{95}	0,6
P14	60,7	U_{95}	0,6	P30	50,4	U_{95}	0,6
P15	57,7	U_{95}	0,6	P31	52,2	U_{95}	0,6



Rys. 2. Lokalizacja punktów pomiarowych wokół wiertni Parkosz-2K wraz ze zmierzonym poziomem dźwięku – etap marszu kontrolnego

- silnik Caterpillar Cat C15 o mocy 500 KM, stanowiący napęd wyciągu wiertniczego,
 - silnik jednostki napędowej Top Drive,
 - agregat prądowczy Caterpillar Cat C18 o mocy 300 KM,
 - taśmy hamulcowe wyciągu,
 - silnik napędowy klucza hydraulicznego,
 - samojezdny dźwig do podawania rur.
- Zmierzony poziom tła akustycznego wynosił 34,7 dB.

W trakcie cementowania odwiertu głównymi emitarami hałasu na terenie wiertni Parkosz-2K były:

- samojezdny agregat cementacyjny,
 - samojezdny mikser,
 - agregat prądowczy Caterpillar Cat C18 o mocy 300 KM,
 - silnik Caterpillar Cat D398 o mocy 500 KM, stanowiący zasilanie pompy płuczkowej.
- Zmierzony poziom tła akustycznego wynosił 34,7 dB.

Tablica 3. Wiertnia Parkosz-2K – etap rurowania

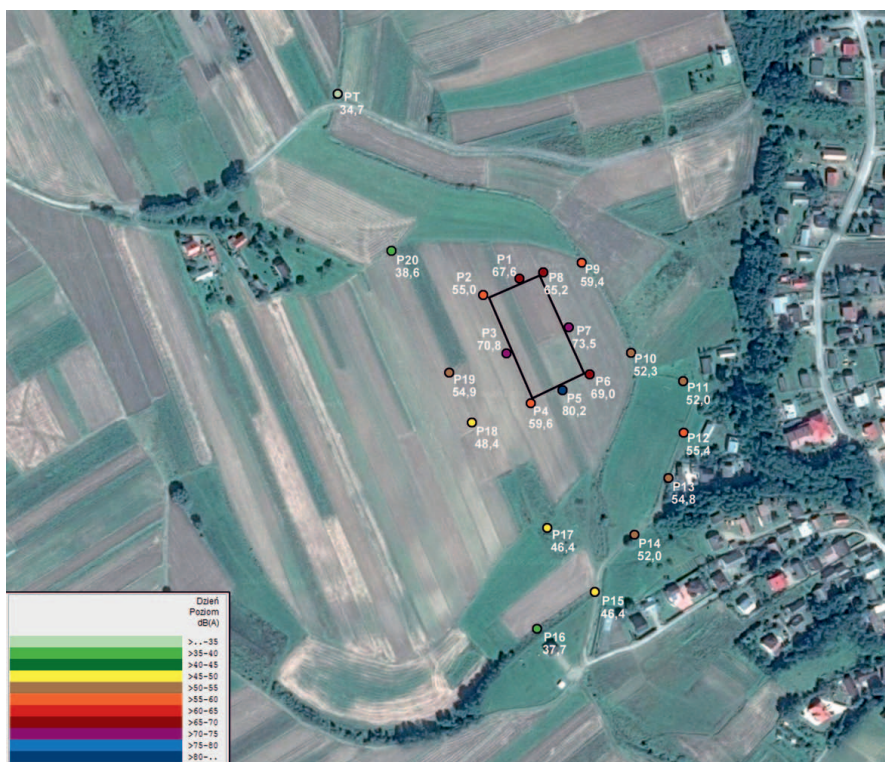
Oznaczenie punktu pomiarowego	Wartości równoważnego poziomu dźwięku A dla czasu odniesienia T		Niepewność pomiaru U_{95} [dB]		Oznaczenie punktu pomiarowego	Wartości równoważnego poziomu dźwięku A dla czasu odniesienia T		Niepewność pomiaru U_{95} [dB]	
	L_{Aeq} [dB]	symbol	wartość	symbol		L_{Aeq} [dB]	symbol	wartość	
Tło akustyczne	–	U_{95}	0,7	P12	58,7	U_{95}	0,6		
P1	59,2	U_{95}	0,7	P13	58,3	U_{95}	0,6		
P2	54,0	U_{95}	0,6	P14	56,6	U_{95}	0,8		
P3	64,3	U_{95}	0,6	P15	59,3	U_{95}	0,7		
P4	67,7	U_{95}	0,6	P16	56,9	U_{95}	0,7		
P5	74,6	U_{95}	0,7	P17	54,2	U_{95}	0,7		
P6	69,8	U_{95}	0,6	P18	51,1	U_{95}	0,7		
P7	67,9	U_{95}	0,6	P19	45,1	U_{95}	0,6		
P8	61,2	U_{95}	0,6	P20	43,9	U_{95}	0,6		
P9	52,8	U_{95}	0,7	P21	39,8	U_{95}	0,6		
P10	57,9	U_{95}	0,6	P22	45,6	U_{95}	0,6		
P11	55,3	U_{95}	0,6	P23	53,3	U_{95}	0,6		



Rys. 3. Lokalizacja punktów pomiarowych wokół wiertni Parkosz-2K wraz ze zmierzonym poziomem dźwięku – etap rurowania

Tablica 4. Wiertnia Parkosz-2K – etap cementowania

Oznaczenie punktu pomiarowego	Wartości równoważnego poziomu dźwięku A dla czasu odniesienia T		Niepewność pomiaru U_{95} [dB]		Oznaczenie punktu pomiarowego	Wartości równoważnego poziomu dźwięku A dla czasu odniesienia T		Niepewność pomiaru U_{95} [dB]	
	L_{Aeq} [dB]	symbol	wartość	symbol		L_{Aeq} [dB]	symbol	wartość	
Tło akustyczne	–	U_{95}	0,7	P11	52,0	U_{95}	0,6		
P1	67,6	U_{95}	0,6	P12	55,4	U_{95}	0,6		
P2	55,0	U_{95}	0,6	P13	54,8	U_{95}	0,6		
P3	70,8	U_{95}	0,6	P14	52,0	U_{95}	0,6		
P4	59,6	U_{95}	0,6	P15	46,4	U_{95}	0,6		
P5	80,2	U_{95}	0,6	P16	37,7	U_{95}	0,7		
P6	69,0	U_{95}	0,8	P17	46,4	U_{95}	0,6		
P7	73,5	U_{95}	0,6	P18	48,4	U_{95}	0,7		
P8	65,2	U_{95}	0,7	P19	54,9	U_{95}	0,6		
P9	59,4	U_{95}	0,8	P20	38,6	U_{95}	0,6		
P10	52,3	U_{95}	0,6						



Rys. 4. Lokalizacja punktów pomiarowych wokół wiertni Parkosz-2K wraz ze zmierzonym poziomem dźwięku – etap cementowania

Symulacje komputerowe rozprzestrzeniania się hałasu w środowisku

Wykorzystując wyniki z pomiarów oraz program IMMI do prognozowania i obliczeń rozprzestrzeniania się hałasu w środowisku, przeprowadzono symulacje pozwalające określić przybliżone poziomy mocy akustycznych urządzeń, których równoczesna praca na wiertni na poszczególnych etapach wiercenia otworu (z obciążeniem właściwym dla danego etapu) była źródłem hałasu na zmierzonym poziomie. Innymi słowy, symulacja miała na celu taki dobór wartości poziomów mocy akustycznych, dla których sumaryczny poziom

emisji z pracy wszystkich źródeł hałasu w punktach kontrolnych był jak najbliższy pomierzonym wartościom hałasu środowiskowego.

Ze względu na specyfikę instalacji i sposób ich eksploatacji (jednoczesna praca wielu urządzeń znajdujących się w bliskiej odległości, znacznie oddziałujących na siebie) na obiekcie, jakim jest wiertnia, nie ma możliwości wyznaczenia poziomów mocy akustycznej poszczególnych źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego.

W kolejnych tabelach przedstawiono przybliżone wartości poziomów mocy akustycznej uzyskane w drodze symulacji wykonanej przy użyciu programu IMMI dla poszczegól-

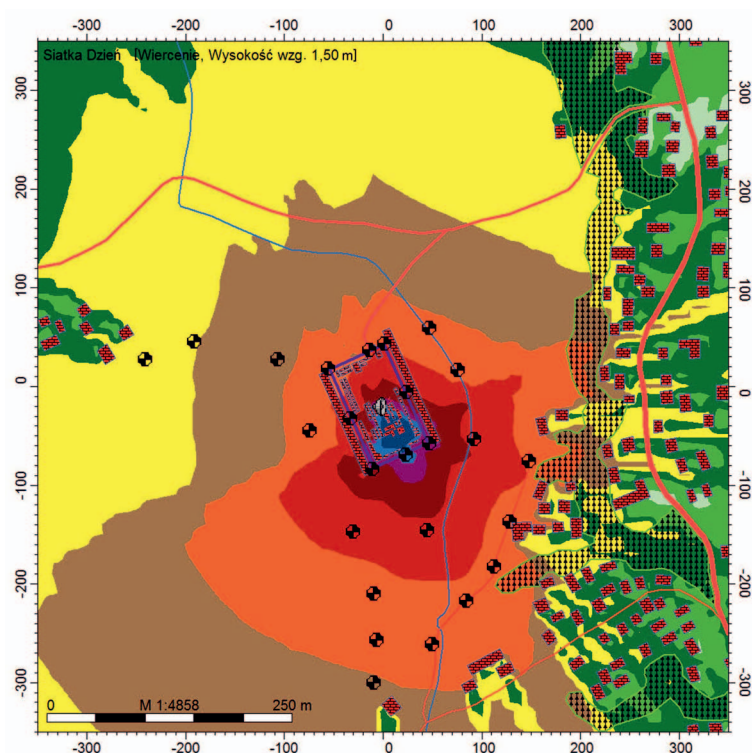
nych etapów prac realizowanych na wiertni Parkosz-2K. Na rysunkach zaprezentowano wyniki symulacji rozprzestrzeniania się hałasu z placu wiertni na analizowanych etapach prac.

Tablica 5. Wartości poziomów mocy akustycznej poszczególnych emitorów otrzymane z symulacji; odwiert Parkosz-2K – etap wiercenia

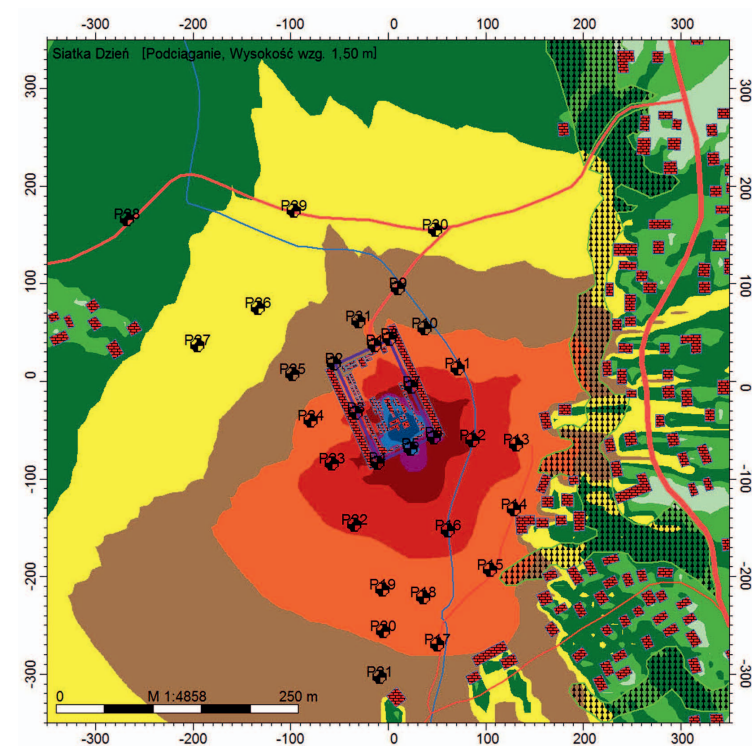
Urządzenie	Określony w symulacji poziom mocy akustycznej L_{WA} [dB]
Agregat prądowrczy Caterpillar Cat C18 o mocy 300 KM	119,1
Agregat prądowrczy Caterpillar Cat C18 o mocy 300 KM	118,3
Silnik Caterpillar Cat C15 o mocy 500 KM, stanowiący napęd wyciągu wiertniczego	120,4
Silnik Caterpillar Cat D398 o mocy 500 KM, stanowiący zasilanie pompy płuczkowej	113,8
Silnik Caterpillar Cat D398 o mocy 500 KM, stanowiący zasilanie pompy płuczkowej	114,2
Silnik jednostki napędowej Top Drive	103,0
Taśmy hamulcowe wyciągu	92,1

Tablica 6. Wartości poziomów mocy akustycznej poszczególnych emitorów otrzymane z symulacji; odwiert Parkosz-2K – marsz kontrolny

Urządzenie	Określony w symulacji poziom mocy akustycznej L_{WA} [dB]
Agregat prądowrczy Caterpillar Cat C18 o mocy 300 KM	118,2
Agregat prądowrczy Caterpillar Cat C18 o mocy 300 KM	118,3
Silnik Caterpillar Cat C15 o mocy 500 KM, stanowiący napęd wyciągu wiertniczego	118,5
Silnik Caterpillar Cat D398 o mocy 500 KM, stanowiący zasilanie pompy płuczkowej	110,7
Taśmy hamulcowe wyciągu	103,6



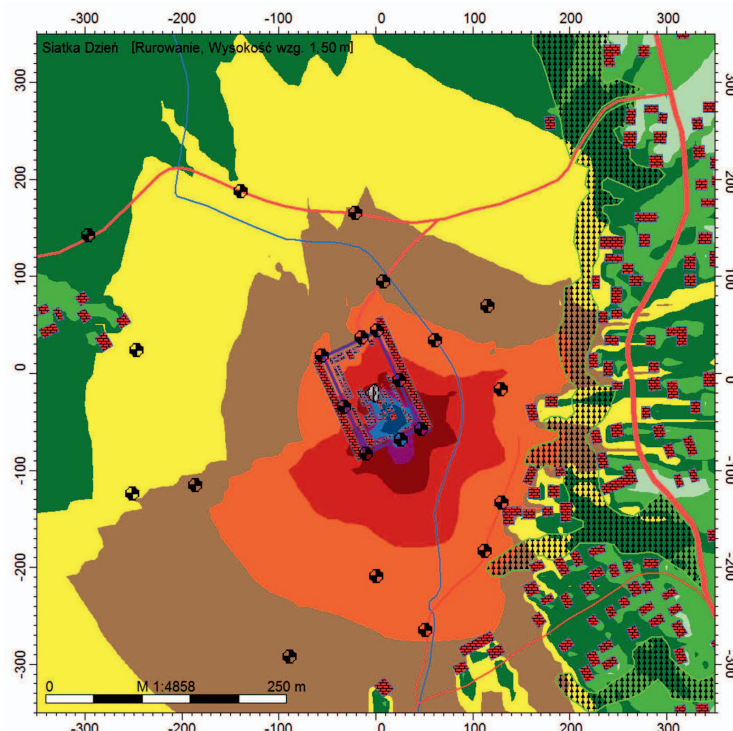
Rys. 5. Symulacja rozprzestrzeniania się hałasu wokół wiertni, odwiert Parkosz-2K – etap wiercenia



Rys. 6. Symulacja rozprzestrzeniania się hałasu wokół wiertni, odwiert Parkosz-2K – marsz kontrolny

Tablica 7. Wartości poziomów mocy akustycznej poszczególnych emitorów otrzymane z symulacji; odwiert Parkosz-2K – etap rurowania

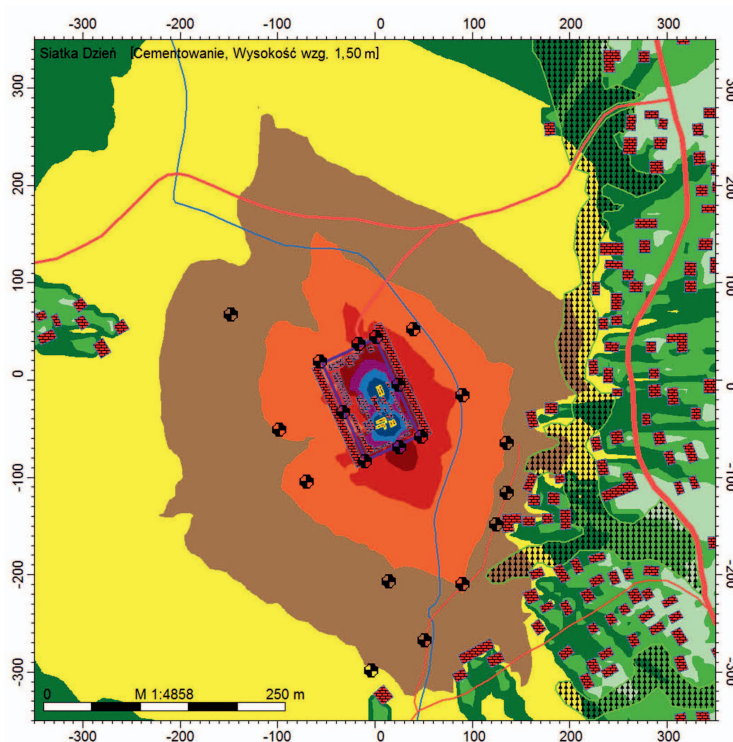
Urządzenie	Określony w symulacji poziom mocy akustycznej L_{WA} [dB]
Agregat prądotwórczy Caterpillar Cat C18 o mocy 300 KM	119,1
Silnik Caterpillar Cat C15 o mocy 500 KM, stanowiący napęd wyciągu wiertniczego	120,4
Silnik jednostki napędowej Top Drive	105,7
Taśmy hamulcowe wyciągu	101,2
Silnik napędowy klucza hydraulicznego	104,0
Samojezdny dźwig do podawania rur	98,6



Rys. 7. Symulacja rozprzestrzeniania się hałasu wokół wiertni, odwiert Parkosz-2K – etap rurowania

Tablica 8. Wartości poziomów mocy akustycznej poszczególnych emitorów otrzymane z symulacji; odwiert Parkosz-2K – etap cementowania

Urządzenie	Określony w symulacji poziom mocy akustycznej L_{WA} [dB]
Agregat prądotwórczy Caterpillar Cat C18 o mocy 300 KM	109,9
Silnik Caterpillar Cat D398 o mocy 500 KM, stanowiący zasilanie pompy płuczkowej	112,2
Samojezdny agregat cementacyjny	113,5
Samojezdny mikser	104,3



Rys. 8. Symulacja rozprzestrzeniania się hałasu wokół wiertni, odwiert Parkosz-2K – etap cementowania

W tablicy 9 dla przykładu przedstawiono porównanie wartości poziomu emisji hałasu uzyskanych z pomiarów w fazie wiercenia otworu (z uwzględnieniem tła) z wartościami otrzymanymi na drodze symulacji przeprowadzonej w programie IMMI

w celu wyznaczenia przybliżonych poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu, dla których sumaryczny poziom emisji z pracy wszystkich źródeł hałasu w punktach kontrolnych był jak najbliższy pomierzonym wartościom hałasu środowiskowego.

Tablica 9. Porównanie poziomów emisji hałasu – zmierzonych i z symulacji; odwiert Parkosz-2K – etap wiercenia

Oznaczenie punktu pomiarowego	Poziom emisji hałasu – wartość zmierzona L_{Aek}	Poziom emisji hałasu – symulacja	Różnica
	[dB]	[dB]	[dB]
P1	63,2	59,9	-3,3
P2	55,3	57,5	2,2
P3	68,6	63,5	-5,1
P4	65,8	70,6	4,8
P5	80,8	79,5	-1,3
P6	73,4	73,8	0,4
P7	60,5	64,9	4,4
P8	55,4	59,8	4,4
P9	60,8	56,1	-4,7
P10	60,3	58,2	-2,1
P11	62,0	63,4	1,4
P12	60,7	59,3	-1,4
P13	60,5	58,7	-1,8
P14	63,9	58,7	-5,2
P15	60,6	58,8	-1,8
P16	60,3	56,8	-3,5
P17	66,5	63,8	-2,7
P18	59,7	58,4	-1,3
P19	55,9	56,3	0,4
P20	52,6	54,7	2,1
P21	59,9	61,9	2,0
P22	58,0	53,8	-4,2
P23	53,5	57,2	3,7
P24	48,7	49,8	1,1
P25	43,7	48,2	4,5

Podsumowanie

Wykorzystanie programu IMMI do modelowania rozprzestrzeniania się hałasu w środowisku w połączeniu z wynikami pomiarów terenowych pozwoliło na przybliżone określenie poziomów mocy akustycznej urządzeń pracujących na różnych etapach wiercenia otworu. Uzyskane wartości poziomów mocy akustycznej mogą być pomocne przy prognozowaniu wpływu pracy tych urządzeń na klimat akustyczny dla celów opracowania ocen oddziaływania na środowisko pod kątem emisji hałasu z placu wiertni, gdy nieznane są parametry akustyczne urządzeń.

Trzeba jednak zauważyć, że prognozy sporządzane na podstawie symulacji rozprzestrzeniania się hałasu w środowisku są zawsze obarczone pewnym błędem i wartości poziomu hałasu uzyskane w drodze symulacji będą odbiegać od wartości rzeczywistych. Jest to spowodowane m.in. niemożliwością zdefiniowania i określenia na potrzeby modelowania charakterystyk akustycznych wszystkich instalacji i urządzeń emitujących hałas, których funkcjonowanie ma także wpływ na sumaryczną emisję hałasu z danego obiektu.

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2018, nr 4, s. 319–328, DOI: 10.18668/NG.2018.04.08

Artykuł nadesłano do Redakcji 7.12.2017 r. Zatwierdzono do druku 9.03.2018 r.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt.: *Badania hałasu wraz z oceną oddziaływania na klimat akustyczny urządzeń i instalacji stosowanych w górnictwie ropy i gazu* – praca INiG – PIB na zlecenie MNiSW; nr zlecenia: 0018/SN/17/01, nr archiwalny: DK-4100-5/17.

Literatura

- [1] Uliasz-Misiak B., Dubiel S.: *Aspekty środowiskowe w zarządzaniu złożem węglowodorów w fazie jego zagospodarowywania*. Przegląd Górniczy 2015, nr 4, s. 56–62.
- [2] Urba R.: *Niepewność pomiaru fizykochemicznych czynników środowiskowych w zakładach górnictwa ropy i gazu*. Nafta-Gaz 2010, nr 7, s. 573–576.

- [3] Urba R.: *Zastosowanie narzędzi programistycznych do oceny hałasu wokół eksploatowanych wiertnic*. Nafta-Gaz 2016, nr 2, s. 118–123, DOI: 10.18668/NG.2016.02.07.
- [4] Urba R., Kwilosz T.: *Emisja hałasu urządzeń wiertniczych do środowiska obsługi wiertnic*. Nafta-Gaz 2012, nr 12, s. 1055–1062.

Akty prawne i normatywne

- [5] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (tj. Dz.U. z 2014 r., poz. 112).
- [6] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz.U. z 2014 r., poz. 1542).



Mgr inż. Joanna ZALESKA-BARTOSZ
 Starszy specjalista badawczo-techniczny w Zakładzie Ocen Środowiskowych.
 Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
 ul. Lubicz 25 A
 31-503 Kraków
 E-mail: zaleska-bartosz@inig.pl



Mgr Joanna NIEMCZEWSKA
 Asystent w Zakładzie Ocen Środowiskowych.
 Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
 ul. Lubicz 25 A
 31-503 Kraków
 E-mail: joanna.niemczewska@inig.pl

OFERTA

ZAKŁAD OCEN ŚRODOWISKOWYCH

Zakres działania:

- opracowywanie raportów o oddziaływaniu na środowisko przedsięwzięć branży górnictwa nafty i gazu, gazownictwa i gospodarki odpadami;
- opracowywanie raportów dotyczących emisji i rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń gazowych i pyłowych do powietrza z instalacji przemysłowych;
- prognozy emisji i rozprzestrzeniania się hałasu z instalacji przemysłowych;
- prognozowanie produktywności gazowej składowisk odpadów komunalnych i ich weryfikacja poprzez testy aktywnego odgazowania;
- opracowywanie koncepcji technologicznych instalacji do odgazowania składowisk i utylizacji biogazu wraz z doradztwem technicznym i oceną ekonomiczną energetycznego wykorzystania gazu;
- prowadzenie monitoringu oraz nadzór nad instalacjami odgazowania składowisk odpadów;
- ocena zagrożeń powodowanych ekshalacjami metanu (złoża węglowodorów, składowiska odpadów).



Kierownik: mgr inż. Joanna Zaleska-Bartosz
Adres: ul. Bagrowa 1, 30-733 Kraków
Telefon: 12 617 74 78
Fax: 12 653 16 65
E-mail: zaleska-bartosz@inig.pl



Kamil Pomykała, Agnieszka Skibińska

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

Badania ograniczenia pienienia cieczy wodorozcieńczalnych

W pracy badano wodorozcieńczalny koncentrat półsyntetyczny oraz wodorozcieńczalny koncentrat wysokoolejowy cieczy chłodząco-smarujących z pięcioma środkami przeciwpiennymi o różnym charakterze chemicznym. W koncentraty zastosowano, zalecane przez producentów, minimalne i maksymalne stężenia środków przeciwpiennych. Z koncentratów sporządzono 5-procentową (*m/m*) emulsje w wodzie o twardościach: 0, 15 i 30°n. W badaniach porównawczych zastosowano procedurę INiG – PiB oznaczania skłonności do pienienia emulsji cieczy wodorozcieńczalnych. Dodatkowo zbadano ich napięcie powierzchniowe, a także pH.

Słowa kluczowe: pienienie, środek przeciwpienny, wodorozcieńczalne ciecze do obróbki metali.

Foam reduction tests for soluble metalworking fluids

Concentrates of a semi-synthetic watermiscible coolant and a water soluble metalworking fluid with five different defoamers were investigated. Concentrates with water, recommended by manufacturers, minimum and maximum concentrations of defoamers were used. Concentrates of 5% (*m/m*) emulsions in water of hardness: 0, 15 and 30°n. In comparative studies, the author's INiG – PiB procedure was used to determine the foaming tendency of the watermiscible metalworking fluids. Additionally, the surface tension and pH were also investigated.

Key words: foaming, defoamer, antifoamer, soluble metalworking fluid.

Wstęp

Wodorozcieńczalne ciecze wykorzystywane w przemyśle to przede wszystkim ciecze chłodząco-smarujące do powierzchniowej obróbki metali. Wodorozcieńczalne ciecze chłodząco-smarujące (w postaci chłodziw emulsyjnych) stosuje się w procesach obróbki skrawaniem, tj. w obróbce wiórowej i ścierniej: stali, żeliwa, metali nieżelaznych i ich stopów, gdzie wymagane jest szybkie odprowadzenie ciepła, właściwe smarowanie i dobre właściwości myjące. Gotową ciecz chłodząco-smarującą (emulsję) otrzymuje się poprzez wymieszanie koncentratu z wodą, najczęściej z wykorzystaniem dostępnego ujęcia wody. Zalecane stężenie koncentratu w wodzie zależy od rodzaju obróbki oraz od charakteru chemicznego stosowanej cieczy chłodząco-smarującej (emulsji) [18, 21]. Koncentrat to układ złożony z olejów (mineralnych, półsyntetycznych, syntetycznych), emulgatora oraz różnych dodatków (antyutleniaczy, inhibitorów korozji, dodatków przeciwzuzyciowych EP, przeciwpiennych i biocydów), zależnie od przeznaczenia emulsji [18, 19]. Dzięki stosowaniu w ich skła-

dzie emulgatorów możliwe jest wytworzenie stabilnych emulsji chłodziw otrzymywanych z koncentratów, zawierających oleje oraz inne niemieszające się z wodą składniki. W zależności od proporcji składników wchodzących w skład koncentratów wodorozcieńczalnych cieczy chłodząco-smarujących, a szczególnie zawartego w nich oleju, stosowany jest często podział na ciecze [7, 16–19]:

- konwencjonalne (wysokoolejowe), w których głównym (pod względem udziału) składnikiem kompozycji jest olej mineralny – z wodą tworzą one mleczne ciecze makroemulsyjne,
- półsyntetyczne, w których udział środków powierzchniowo czynnych i dodatków jest dominujący, przewyższający udział olejów mineralnych – tworzą one z wodą ciecze półprzezroczyste lub transparentne,
- syntetyczne, tworzące z wodą roztwory lub ciecze mikroemulsyjne, w których stosowane są glikole, poliglikole, lekkie oleje syntetyczne lub estrowe.

Wykorzystywanie chłodziw zamiast olejów obróbczych w znacznym stopniu obniża koszty eksploatacyjne z uwagi na wysokie rozcieńczanie wodą, brak zaolejenia wiórów, możliwość utrzymania czystości hali produkcyjnej oraz zmniejszenie emisji mgły olejowej. Wiąże się ono jednak z koniecznością prowadzenia częstej kontroli i pielęgnacji emulsji w trakcie eksploatacji. Bardzo ważnym kryterium jest dobór środka do rodzaju obrabianego materiału. W zależności od składu i twardości wody wykorzystanej do sporządzenia emulsji cieczy chłodząco-smarujące wykazują różne skłonności do pienienia. Tworzenie piany jest zjawiskiem niekorzystnym, ponieważ zakłóca pracę urządzeń i może podczas eksploatacji maszyn powodować następujące skutki:

- redukcję efektywności emulsji, czyli niedostateczne smarowanie, w rezultacie zbyt małej ilości środka smarowego doprowadzanego do skojarzenia trącego,
- niedostateczne odprowadzanie ciepła, a tym samym problemy z zapewnieniem odpowiedniej jakości obrabianych detali,
- wypływanie cieczy eksploatacyjnych ze zbiorników maszyny, np. poprzez otwory odpowietrzające,
- zwiększenie skłonności do występowania zjawiska kawitacji (gwałtownej przemiany fazowej z fazy ciekłej w fazę gazową pod wpływem zmniejszenia ciśnienia), a tym samym redukcję wydajności pomp,
- redukcję pojemności pomp i zbiorników,
- wzrost intensywności namnażania bakterii,
- flotację zanieczyszczeń, tworzenie depozytów zanieczyszczeń,
- częste przestoje w produkcji spowodowane czyszczeniem zbiorników,
- problemy z drenażem sit i filtrów,
- zwiększenie kosztów produkcji związanych z częstszą wymianą eksploatowanej emulsji oraz eliminacją wybrakowanych produktów.

Aby uniknąć powyższych problemów, wodorozcieńczalne cieczy chłodząco-smarujące powinny charakteryzować się brakiem lub jak najmniejszą skłonnością do pienienia, co można uzyskać poprzez dobór odpowiedniego środka przeciwpiennego.

Pierwotnie jako środki przeciwpienne (np. w płynach hydraulicznych) stosowano oleje silikonowe ze względu na ich niewielkie napięcie powierzchniowe. Wadą tej metody było częściowe odparowywanie tych olejów. Obecnie problem ten został rozwiązany poprzez wykorzystanie organomodetyfikowanych siloksanów.

Większość nowoczesnych i efektywnych środków przeciwpiennych jest wieloskładnikowa. Zawierają one w swoim składzie mieszaninę olejów silikonowych, surfaktantów silikonowych lub silikażeli z możliwie dwoma lub więcej typami rozproszonych hydrofobowych agregatów (wielkości około 1 μm , gęstości względnej 1,0÷1,3 i szorstkim kształcie fraktalnym).

Takie mieszaniny wykazują dużą skuteczność już przy niewielkim stężeniu (10÷1000 ppm). Te wieloskładnikowe środki zbudowane są ze stałego „aktywatora”, w postaci hydrofobizowanej krzemionki lub szkła, oraz ciekłego „nośnika”, w postaci węglowodoru, polidimetylosiloksanu (PDMS) lub oleju [2–4, 9, 13–15, 20].

Jednozadaniowe środki przeciwpienne stosuje się przeciwko pianom wodnym w wielu różnych formach: w postaci rozpuszczalnych lub nierozpuszczalnych cieczy, olejów, żeli, stałych hydrofobowych cząstek, emulsji i mikroemulsji. Są one mniej skuteczne, ale zdecydowanie tańsze. Wśród typowych związków chemicznych, jakie wchodzi w ich skład, można wymienić: fosforan tributylu (TBP), polidimetylosiloksan (PDMS), płyny silikonowe, aminy alkilowe, amidy, tioetery, oleje mineralne i roślinne, woski, estry kwasów tłuszczowych, alkohole (np. oktanol), kwasy tłuszczowe oraz ich pochodne (olej talowy, stearynian glinu oraz wapniowe, glinowe, cynkowe sole kwasów tłuszczowych), a także wiele różnych typów cząstek stałych [9–15]. Do środków tych można również zaliczyć estry glicerylu oraz syntetyczne estry alkoholi wielowodorotlenowych. Obecnie trwają również badania nad zastosowaniem w środkach przeciwpiennych cieczy jonowych, np. opartych na fosfonianach [1].

Do grupy związków przeciwpiennych należą także niejonowe etoksylogowane i propoksylogowane kopolimery blokowe typu PEO-PPO-PEO lub PPO-PEO-PPO i poloksamery, nazywane *cloud point antifoamers: copolymers* [9, 13, 14]. Polarność tego typu kopolimerów zależy od stosunku komponentów hydrofilowych (politlenku etylenu, PEO) do hydrofobowych (politlenku propylenu, PPO). *Cloud point antifoamers* dość dobrze rozpuszczają się w wodzie w niskich temperaturach, natomiast tylko częściowo w wysokich temperaturach, a powyżej temperatury mętnienia (ang. *cloud point*) roztwór środka przeciwpiennego ulega zmianie fazowej, tworząc dwa sprzężone roztwory (dwie fazy): jeden bardziej rozcieńczony, a drugi stężony. W temperaturze mętnienia wydzielające się krople kopolimerów powodują, że roztwory (fazy) stają się mętne. Temperatura ta może być modyfikowana poprzez zmianę stosunku PEO/PPO. Przeważnie tego typu związki są dodawane do pieniących roztworów surfaktantów na bazie wody w celu uzyskania efektu przeciwpiennego w temperaturze zbliżonej do temperatury mętnienia. Natomiast w niektórych przypadkach, ze względu na mieszalność z innymi surfaktantami, temperatura mętnienia może wzrosnąć lub nawet zostać całkowicie wyeliminowana.

Jako że istnieje bardzo wiele różnych związków chemicznych charakteryzujących się właściwościami przeciwpiennymi, jest wiele alternatywnych mechanizmów wyjaśniających sposób ich działania [3, 5, 6, 14]. Niemniej jednak główną funkcją środków zapobiegających pienieniu jest zastąpienie lub zredukowanie ilości generującego pianę środka

powierzchniowo czynnego obecnego na powierzchni zetknięcia się dwóch faz, co ostatecznie prowadzi do mniejszej stabilności filmu piany. Substancja chemiczna zapobiegająca pienieniu musi być przy tym nierozpuszczalna w ośrodku powodującym pienienie i równocześnie odporna na rozkład chemiczny [8, 9, 14]. Zasadnicze wymaganie, jakie muszą spełniać środki przeciwpienne, polega na ich zdolności przedostawa-

nia się na granicę faz powietrze–ciecz, dlatego też muszą posiadać odpowiednio niskie napięcie powierzchniowe (mniejsze niż napięcie powierzchniowe cieczy, do której są dodawane) [14]. W przypadku pian wodnych stosunkowo łatwo jest sprostać temu wymaganiu, natomiast dla pian niewodnych można osiągnąć taki efekt tylko poprzez zastosowanie specyficznych surfaktantów (opartych na olejach silikonowych).

Próbki

Do badań wytypowano dwa koncentraty bazowych cieczy chłodząco-smarujących:

- koncentrat 1 – cieczy półsyntetycznej,
- koncentrat 2 – cieczy wysokoolejowej.

Oba koncentraty powstały z wykorzystaniem komercyjnych składników. Z tak otrzymanych bazowych koncentra-

tów przygotowano próbki koncentratów, dodając do nich środki przeciwpienne o różnym charakterze chemicznym, w minimalnych i maksymalnych zalecanych przez producentów stężeniach. Szczegółową charakterystykę tych środków przeciwpiennych, a także zalecane minimalne i maksymalne stężenie przedstawiono w tabelicy 1. Dane te uzyskano

Tablica 1. Charakterystyka dodatków przeciwpiennych

Dodatek P1	Charakter chemiczny	mieszanina trójwymiarowego siloksanu z polioksyalkilanem
	Rekomendowane dozowanie [% (m/m)]	0,05÷0,1
	Wygląd w temperaturze 20°C	nieprzeźroczysta ciecz barwy białej do jasnożółtej
	Lepkość dynamiczna w temperaturze 20°C [mPa · s]	1350
	Gęstość w temperaturze 20°C [g/ml]	0,838
Dodatek P2	Charakter chemiczny	mieszanina trójwymiarowego siloksanu z wodą
	Rekomendowane dozowanie [% (m/m)]	0,1÷0,5
	Wygląd w temperaturze 20°C	nieprzeźroczysta ciecz barwy białej
	Lepkość dynamiczna w temperaturze 20°C [mPa · s]	1250
	Gęstość w temperaturze 20°C [g/ml]	0,827
Dodatek P3	Charakter chemiczny	mieszanina kopolimeru blokowego (z dwiema grupami glikolu polietylenowego przyłączonymi do centralnej grupy glikolu propylenowego) z wodą
	Rekomendowane dozowanie [% (m/m)]	0,1÷0,5
	Wygląd w temperaturze 20°C	bezbarwna ciecz
	Lepkość dynamiczna w temperaturze 20°C [mPa · s]	350
	Gęstość w temperaturze 20°C [g/ml]	1,02
	Temperatura mętnienia (1% w H ₂ O _{destyl.}) [°C]	23
Dodatek P4	Charakter chemiczny	mieszanina polidimetylosiloksanu z wodą
	Rekomendowane dozowanie [% (m/m)]	0,1÷0,5
	Wygląd w temperaturze 20°C	nieprzeźroczysta ciecz barwy białej
	Lepkość dynamiczna w temperaturze 20°C [mPa · s]	660
	Gęstość w temperaturze 20°C [g/ml]	1,10
Dodatek P5	Charakter chemiczny	mieszanina polidimetylosiloksanów, cyklosiloksanów i krzemionki z wodą
	Zawartość części stałych [%]	10÷14
	Rekomendowane dozowanie [% (m/m)]	0,05÷0,1
	Wygląd w temperaturze 20°C	nieprzeźroczysta ciecz barwy białej
	Lepkość dynamiczna w temperaturze 20°C [mPa · s]	500
	Gęstość w temperaturze 20°C [g/ml]	0,98

od producentów tych dodatków na podstawie świadectw jakości, informacji technicznych (TDS) oraz kart charakterystyki (MSDS).

Następnie przygotowano próbki cieczy chłodząco-smarujących, emulsje typu W/O (woda w oleju). Te emulsje, o stę-

żeniu 5% (*m/m*), sporządzono na wodach o trzech różnych twardościach: 0, 15 i 30°n. Wodę destylowaną (0°n) gotowano przez około 30 minut w celu usunięcia kwasu węglowego, natomiast wodę o twardościach 15°n i 30°n przygotowano zgodnie z normą PN-M-55789 [24].

Metodyka badań

W kolejnym etapie prac emulsje te, czyli gotowe do użycia cieczy chłodząco-smarujące, poddano badaniom, oznaczając:

- skłonność do pienia – metodą INiG – PIB,
- napięcie powierzchniowe – według PN-C-04809 [22],
- pH – według PN-C-04963 [23].

Wyniki tych badań przedstawiono w tablicach 2–5.

Skłonność do pienia emulsji cieczy wodorozcieńczalnych – metoda INiG – PIB

Skłonność do pienia cieczy określa się za pomocą dwóch parametrów: ilości piany powstałej podczas napowietrzania oraz szybkości gaśnięcia piany.

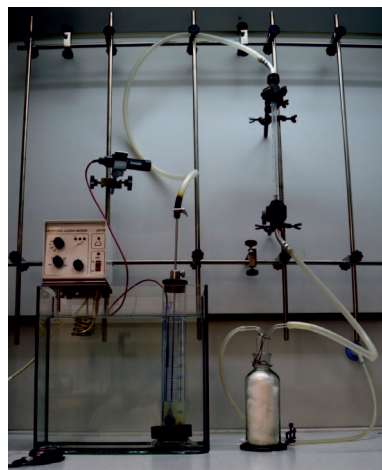
Zasada metody polega na przedmuchiwaniu powietrza przez badaną próbkę płynu ze stałą prędkością, w określonej temperaturze i określonym czasie, a następnie na pomiarze objętości powstałej piany i pomiarze czasu jej zaniku. Objętość piany obliczono z różnicy zanotowanych poziomów piany i płynu, a za moment zaniku piany przyjęto chwilę pojawienia się na powierzchni emulsji pierwszego „oka”, czyli wolnego od piany lustro emulsji. Warunki badania:

- temperatura: $20 \pm 0,1^\circ\text{C}$,
- objętość próbki: 145 ml,
- przepływ powietrza: 1000 ± 25 ml/min,
- czas przepływu powietrza: 5 min.

Do badań wykorzystano stanowisko (fotografia 1) składające się z:

- cylindra pomiarowego o pojemności 600 ml z podziałką umożliwiającą odczyt z dokładnością do 5 ml,
- łaźni wodnej o pojemności około 5000 ml z termoregulatorem umożliwiającym utrzymanie temperatury z dokładnością do 1°C ,
- bełkotki napowietrzającej z porowatym kulistym spiekem korundowym o średnicy 25,5 mm, maksymalnej średnicy porów $45 \mu\text{m}$ i przepuszczalności powietrza przy ciśnieniu $250 \text{ mmH}_2\text{O}$ wynoszącej 6400 ml/min,
- termometru laboratoryjnego o zakresie pomiarowym $0\text{--}40^\circ\text{C}$ umożliwiającym odczyt temperatury z dokładnością do $0,1^\circ\text{C}$,
- rotametru pozwalającego na pomiar strumienia przepływającego powietrza z dokładnością do 25 ml/min,
- źródła zasilania czystym i suchym powietrzem,
- płuczki szklanej wypełnionej watą, umieszczonej między źródłem zasilania powietrzem a rotametrem,

- sekundomierza umożliwiającego mierzenie czasu z dokładnością do 0,1 s.



Fot. 1. Stanowisko badawcze do oznaczania skłonności do pienia (fot. INiG – PIB)

Oznaczenie napięcia powierzchniowego

Metoda oznaczania napięcia powierzchniowego na granicy faz ciecz–gaz polega na pomiarze siły, którą trzeba przyłożyć pionowo do pierścienia platynowego w celu oderwania go od tej powierzchni. Napięcie powierzchniowe przygotowanych próbek emulsji wobec powietrza zmierzono za pomocą tensjometru K8 firmy Peto-test (fotografia 2). Napięcie powierzchniowe wody destylowanej (0°n) wyniosło $72,6 \text{ mN/m}$, co pozwoliło uzyskać na tensjometrze wartość współczynnika korekcyjnego *k* równą 1.



Fot. 2. Tensjometr K8 (fot. INiG – PIB)

Wyniki badań

W tabelicy 2 przedstawiono wyniki oznaczeń skłonności do pienienia, napięcia powierzchniowego oraz pH dla 5-proc. (*m/m*) emulsji sporządzonych z koncentratu 1 oraz dla koncentratu 1 wzbogaconego o dodatki przeciwpienne w minimalnych i maksymalnych stężeniach stosowania. Analogiczne wyniki dla koncentratu 2 przedstawiono w tabelicy 3.

Wszystkie emulsje obu koncentratów sporządzone w wodzie o twardości 0°n wykazywały dużą skłonność do pienienia. Dla żadnej z nich nie udało się uzyskać wyników, ponieważ objętość powstającej piany przekraczała objętość cylindra pomiarowego – przyjęto, że w tych przypadkach ilość powstającej piany była większa niż 455 ml, ponieważ jest to maksymalna objętość piany, jaką można było zaobserwować w cylindrze o pojemności 600 ml.

Zaobserwowano znaczny wpływ twardości wody na skłonność do pienienia emulsji sporządzonych z obu koncentratów. Ze wzrostem twardości wody malała ilość powstającej piany oraz ulegał skróceniu czas zaniku piany. Ponadto dla każdej z próbek emulsji wraz ze wzrostem twardości wody malało napięcie powierzchniowe, a wzrastało pH emulsji.

W przypadku wszystkich emulsji sporządzonych z koncentratu 1 wzbogaconego o dodatki przeciwpienne, bez względu na twardość zastosowanej wody i rodzaj dodatku przeciwpiennego, wartości napięcia powierzchniowego i pH były niższe od analogicznych parametrów dla emulsji sporządzonych z koncentratu 1 bez dodatków przeciwpiennych. Ponadto wzrost stężenia wszystkich dodatków przeciwpiennych powodował obniżenie napięcia powierzchniowego i pH emulsji. Analogicznie rezultaty uzyskano w przypadku koncentratu 2.

Dla obu koncentratów najskuteczniejszym spośród przebadanych dodatków przeciwpiennych okazał się dodatek P1 (na bazie trójwymiarowego siloksanu, w którym jako nośnik zastosowano polioksyalilan) użyty w maksymalnym stężeniu 0,1% (*m/m*); zaobserwowano największe ograniczenie skłonności do pienienia wytworzonych emulsji – najmniej piany powstało, najszybciej zanikła.

Wszystkie emulsje (bez względu na twardość wody) sporządzone z obu koncentratów z dodatkiem P2 (na bazie trójwymiarowego siloksanu,

Tabela 2. Parametry fizykochemiczne emulsji sporządzonych z koncentratu 1

Dodatek przeciwpienny	Brak dodatku	Dodatek P1			Dodatek P2			Dodatek P3			Dodatek P4			Dodatek P5				
		0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30		
Stężenie minimalne [% (<i>m/m</i>)]	–	0,05			0,1			0,1			0,1			0,05				
5-proc. (<i>m/m</i>) emulsja w wodzie		twardość wody [°n]																
Ilość powstającej piany [ml]	0 > 455	15 455	30 165	0 > 455	15 170	30 135	0 > 455	15 410	30 145	0 > 455	15 455	30 180	0 > 455	15 230	30 140	0 > 455	15 455	30 165
Czas zaniku piany [s]	–	60,8	11,0	–	13,1	9,0	–	56,6	9,4	–	11,7	–	23,2	9,1	–	60,2	10,8	–
Napięcie powierzchniowe [mN/m]	37,2	36,5	35,9	36,9	34,1	33,5	37,0	35,7	35,1	36,9	36,2	35,6	36,5	29,9	28,8	36,2	36,2	35,7
pH	8,34	8,45	8,53	8,27	8,36	8,44	8,20	8,34	8,40	8,30	8,42	8,51	8,24	8,35	8,42	8,32	8,43	8,50
Stężenie maksymalne [% (<i>m/m</i>)]	–	0,1			0,5			0,5			0,5			0,1				
5-proc. (<i>m/m</i>) emulsja w wodzie		twardość wody [°n]																
Ilość powstającej piany [ml]	0 > 455	15 455	30 165	0 > 455	15 95	30 65	0 > 455	15 240	30 95	0 > 455	15 455	30 180	0 > 455	15 205	30 85	0 > 455	15 425	30 120
Czas zaniku piany [s]	–	60,8	11,0	–	5,8	3,8	–	24,5	6,0	–	11,7	–	20,8	5,2	–	38,3	7,3	–
Napięcie powierzchniowe [mN/m]	37,2	36,5	35,9	36,7	33,0	32,7	36,9	33,7	33,4	36,7	36,0	35,5	36,1	28,8	28,5	36,8	35,8	35,1
pH	8,34	8,45	8,53	8,18	8,30	8,36	8,15	8,29	8,34	8,25	8,35	8,45	8,17	8,29	8,35	8,27	8,37	8,47

Tablica 3. Parametry fizykochemiczne emulsji sporządzonych z koncentratu 2

Dodatek przeciwpienny	Brak dodatku		Dodatek P1		Dodatek P2		Dodatek P3		Dodatek P4		Dodatek P5	
Stężenie minimalne [% (m/m)]	-		0,05		0,1		0,1		0,1		0,05	
twardość wody [°n]												
5-proc. (m/m) emulsja w wodzie	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30
Ilość powstającej piany [ml]	> 455	425	215	> 455	225	145	> 455	> 455	215	> 455	> 455	215
Czas zaniku piany [s]	-	70,3	14,5	-	14,9	8,3	-	-	14,4	-	70,1	14,2
Napięcie powierzchniowe [mN/m]	36,5	35,6	35,2	36,1	35,5	35,0	36,4	35,2	34,8	35,8	36,4	35,5
pH	8,31	8,37	8,44	8,23	8,28	8,36	8,18	8,25	8,32	8,21	8,24	8,38
Stężenie maksymalne [% (m/m)]	-		0,1		0,5		0,5		0,5		0,1	
twardość wody [°n]												
5-proc. (m/m) emulsja w wodzie	0	15	30	0	15	30	0	15	30	0	15	30
Ilość powstającej piany [ml]	> 455	425	215	> 455	195	85	> 455	> 455	175	> 455	> 455	365
Czas zaniku piany [s]	-	70,3	14,5	-	13,8	4,7	-	-	10,3	-	-	22,3
Napięcie powierzchniowe [mN/m]	36,5	35,6	35,2	35,8	35,5	34,8	36,3	35,7	34,5	31,8	36,0	34,7
pH	8,31	8,37	8,44	8,20	8,26	8,34	8,16	8,23	8,29	8,18	8,22	8,36

z wodą jako nośnikiem) wykazały najniższe wartości pH emulsji.

Dodatek P3 (z grupy dodatków przeciwpiennych *cloud point antifoamers: block copolymers*) nie sprawdził się jako środek ograniczający pienienie. Dla obu koncentratów pogarszał on skłonność emulsji do pienienia.

W przypadku obu koncentratów z dodatkiem P4 (na bazie polidimetylosiloksanu, z wodą jako nośnikiem) wszystkie sporządzone emulsje (bez względu na twardość wody) charakteryzowały się najniższymi wartościami napięcia powierzchniowego.

Zastosowanie w koncentracji 1 dodatku P5 dopiero w jego maksymalnym stężeniu pozwoliło na ograniczenie skłonności emulsji do pienienia. Natomiast użycie tego samego dodatku w jego maksymalnym stężeniu w koncentracji 2 zwiększyło skłonność do pienienia emulsji. Dodatek P5 jest dodatkiem na bazie polidimetylosiloksanu i cyklosiloksanów, w którym jako aktywny zastosowano krzemionkę, natomiast jako nośnik – wodę.

Dla 5-proc. (m/m) emulsji zarówno sporządzonych z koncentratu 1, jak i z koncentratu 2 zawierających badane dodatki przeciwpienne nie zaobserwowano zależności pomiędzy ograniczeniem skłonności pienienia emulsji przez te dodatki (tj. ilości powstającej piany i czasem jej zaniku) a napięciem powierzchniowym i pH.

Podsumowanie

Zastosowana w badaniach procedura oznaczania skłonności do pienienia emulsji cieczy wodorozcieńczalnych pozwoliła na porównywanie tej właściwości dla różnych cieczy wodorozcieńczalnych, a także użytych w ich koncentraty dodatków przeciwpiennych o różnych charakterach chemicznych.

W przypadku emulsji sporządzonych z obu koncentratów zaobserwowano znaczny wpływ twardości wody na ich skłonność do pienienia. Ze wzrostem twardości wody malała ilość powstającej piany oraz ulegał skróceniu czas jej zaniku. Ponadto dla każdej z próbek emulsji wraz ze wzrostem twardości wody malało napięcie powierzchniowe, a wzrastało pH emulsji.

Dla obu koncentratów najskuteczniejszym spośród przebadanych dodatków przeciwpiennych okazał się dodatek P1 (na bazie trójwymiarowego siloksanu, z polioksyalkilanem jako nośnikiem) zastosowany w maksymalnym zalecanym stężeniu 0,1% (m/m). Natomiast dodatek P3 (z grupy dodatków przeciwpiennych *cloud point antifoamers: block copolymers*) nie sprawdził się jako środek ograniczający pienienie. Charakter

chemiczny dodatków przeciwpiennych oraz rodzaj struktury chemicznej związków silikonowych będących podstawowym składnikiem dodatków przeciwpiennych P1, P2, P4

i P5 miał istotny wpływ na skuteczność zmniejszania skłonności do pienienia badanych koncentratów cieczy wodorozcieńczalnych.

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2018, nr 4, s. 329–335, DOI: 10.18668/NG.2018.04.09

Artykuł nadesłano do Redakcji 24.11.2017 r. Zatwierdzono do druku 6.03.2018 r.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt.: *Badania ograniczenia pienienia cieczy wodorozcieńczalnych* – praca INiG – PIB na zlecenie MNiSW; nr zlecenia: 0096/TO/17/01, nr archiwalny: DK-4100-83/17.

Literatura

- [1] Bagwe R.: *Phosponium Ionic Liquid as Defoamers: Structure – Property – Application Performance Correlation*. 13th IACIS International Conference on Surface and Colloid Science and the 83rd ACS Colloid & Surface Science Symposium, New York 14–19.06.2009.
- [2] Denkov N.: *Mechanism of Foam Destruction by Oil Based Antifoams*. Langmuir 2004, vol. 20, nr 22, s. 9463–9505.
- [3] Denkov N., Cooper P., Martin J.: *Mechanism of Action of Mixed Solid-Liquid Antifoams. 1. Dynamics of Foam Film Rupture*. Langmuir 1999, vol. 15, nr 24, s. 8514–8529.
- [4] Denkov N.D., Marinova K.: *Antifoam effects of solid particles, oil drops and oil-solid compounds in aqueous foams*. Colloidal Particles at Liquid Interfaces, vol. 10, Cambridge University Press 2006, s. 383–444.
- [5] Denkov N.D., Marinova K., Tcholakova S.: *Mechanistic understanding of the modes of action of foam control agents*. Advances in Colloid and Interface Science 2014, vol. 206, s. 57–67.
- [6] Derjaguin B., Landau L.: *Theory of the stability of strongly charged lyophobic sols and of the adhesion of strongly charged particles in solutions of electrolytes*. Acta Physico Chemica U.R.S.S. 1941, vol. 14, s. 633–662.
- [7] Dwuletzki H.: *Schwerent Flammbare Hydraulikmedien von Typ HFA*. II Międzynarodowa Konferencja: Teoretyczne i praktyczne aspekty stosowania środków smarowych, Ustroń 29–31.05.2006.
- [8] Garrett P.R.: *Defoaming: Antifoams and Mechanical Methods*. Current Opinion in Colloid & Interface Science 2015, vol. 20, nr 2, s. 81–91.
- [9] Hilberer A., Chao S.-H.: *Antifoaming agents*. Encyclopedia of Polymer Science and Technology, Wiley and Sons Press 2012.
- [10] Hill H., Eastoe J.: *Foams: From nature to industry*. Advances in Colloid and Interface Science 2017, vol. 247, s. 496–513.
- [11] Karakashev S.I., Grozdanova M.V.: *Foams and antifoams*. Advances in Colloid and Interface Science 2012, vol. 176–177, s. 1–17.
- [12] Marinova K.G., Dimitrova L.M., Marinov R.Y., Denkov N.D., Kingma A.: *Impact of the surfactant structure on the foaming/defoaming performance of nonionic block copolymers in Na caseinate solutions*. Bulgarian Journal of Physics 2012, vol. 39, nr 1, s. 53–64.
- [13] Owen M.J.: *Defoamers*. [W:] Kirk-Othmer (ed.), *Encyclopedia of Chemical Technology*. Wiley and Sons Press, New Jersey 2000.
- [14] Pugh R.J.: *Bubble and Foam Chemistry*. Cambridge University Press 2016, s. 1–48.
- [15] Pugh R.J.: *Foam Breaking in Aqueous Systems*. [W:] Holmberg E.K. (ed.): *Handbook of Applied Surface and Colloid Chemistry*. Wiley and Sons Press, New Jersey 2001.
- [16] Rembiesa-Śmiszek A.: *Trudnopalne ciecze hydrauliczne HFC i HFC-E zawierające polialkilenoglikole*. Nafta-Gaz 2013, nr 3, s. 235–240.
- [17] Rutkowska M., Skibińska A.: *Opracowanie nowej generacji płynów do obróbki metali oraz kompleksowej technologii ich wytwarzania opartej na bazach olejowych, pochodzących z recyklingu olejów odpadowych*. Sprawozdanie z projektu INNO-TECH-K1/N1/62/149772/NCBR/12, Kraków, wrzesień 2012.
- [18] Steinmec F.: *Krajowe wodorozcieńczalne środki chłodząco-smarujące do obróbki metali skrawaniem*. Nafta 1990, vol. 46, nr 1–3, s. 37–41.
- [19] Steinmec F., Bednarska A., Łapa M.: *Rozwój krajowych mikroemulsyjnych cieczy hydraulicznych HFAE*. Nafta-Gaz 2009, nr 1, s. 37–43.
- [20] Stocco A., Rio E., Binks B.P., Langevin D.: *Aqueous foams stabilized solely by particles*. Soft Matter 2011, vol. 7, no. 4, s. 1260.
- [21] Strona internetowa: <http://naftochem.pl/srodki-do-obrobki-skrawaniem/> (dostęp: 28.07.2017).
- Normy prawne i normatywne**
- [22] PN-C-04809:1990 *Środki powierzchniowo czynne. Oznaczanie napięcia powierzchniowego i napięcia międzyfazowego*.
- [23] PN-C-04963:1989 *Analiza chemiczna – Oznaczanie pH wodnych roztworów produktów chemicznych*.
- [24] PN-M-55789:1992 *Badania działania korodującego cieczy technologicznych na stopy żelaza*.



Mgr inż. Kamil POMYKAŁA
Specjalista inżynierjno-techniczny w Zakładzie Olejów, Środków Smarowych i Asfaltów
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: kamil.pomykala@inig.pl



Mgr inż. Agnieszka SKIBIŃSKA
Asystent w Zakładzie Olejów, Środków Smarowych i Asfaltów.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: agnieszka.skibinska@inig.pl