

Zdzisław Gebhardt

*Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy*

## Analiza możliwości użytkowania gazów z łupków w urządzeniach gazowych

W artykule przedstawiono analizę możliwości zasilania urządzeń gazowych certyfikowanych dla gazu grupy E według EN 437 gazem uzyskiwanym z polskich łupków. Analizę oparto na ocenie porównawczej i badaniach dla wybranych gazów otrzymanych w symulacji separacji gazu złożowego. Ocena porównawcza wskazuje na możliwość zagospodarowania polskich gazów dla urządzeń kategorii 2E po mniejszych lub większych modyfikacjach polegających na odseparowaniu wyższych węglowodorów, natomiast badania, które skupiły się na gazie z końcowej separacji ropy, wykazały możliwość spalania tego gazu w urządzeniach przystosowanych do zasilania gazem propan-butan.

Słowa kluczowe: gaz z łupków, urządzenia gazowe, spalanie gazu.

### Analysis of the possibilities for using shale gas in gas appliances

The article presents the analysis of the possibility, to power gas appliances certified for the E gas group according to EN 437, with gas obtained from Polish shale. This analysis is based on a comparative assessment and tests for gases taken from the simulation of the raw gas separation. The comparative assessment indicates the potential for the development of Polish shale gases for 2E category appliances, after minor or major modifications involving the separation of higher hydrocarbons, while a tests that focused on gas from the final separation of oil, have shown the possibility of burning this gas in appliances adapted to be powered by propane-butane gas.

Key words: shale gas, gas appliances, gas combustion.

### Wstęp

Zadanie, którego celem było określenie wpływu zmienności składu gazów z łupków na pracę urządzeń gazowych, realizowano w ramach podzadań skupiających się na przeprowadzeniu badań krótko- i długoterminowych urządzeń gazowych dla zmiennych składów gazu, aby na ich podstawie ocenić czułości określonych grup urządzeń na zasilanie gazami o zmiennych parametrach i zaproponować programy zabezpieczające odbiorców użytkujących te urządzenia przed skutkami zmienności jakości gazu.

Jednym z problemów, na jaki należy zwrócić uwagę w ramach projektów związanych z pozyskiwaniem gazu ziemnego z łupków, jest zagadnienie jakości tego gazu w odniesieniu do możliwości jego spalania w obecnie użytkowanych urządzeniach gazowych. Nie jest to problem nowy, bo – jak wiadomo – w Polsce gazy ziemne występują w różnych konfigu-

racjach składu takich podstawowych składników jak metan oraz azot, uzupełnionych o kolejne węglowodory oraz gazy niepalne, obecne w stężeniach niskich lub wręcz śladowych. Polskie Normy wyróżniają w tym momencie trzy podgrupy gazów ziemnych (E, Lw, Ls), a do 2011 roku normy PN obejmowały ponadto gazy Lm i Ln. Ogólnie można powiedzieć, że w Polsce liczba Wobbego gazów ziemnych wydobywanych z klasycznych złóż zawiera się w granicach od 25 MJ/m<sup>3</sup> do 57 MJ/m<sup>3</sup> (1013,25 mbar, 15°C i 15°C). Obecnie trudno jeszcze określić jakość docelową gazu z polskich pokładów łupkowych na podstawie przeprowadzonych w ramach zadania analiz i badań, ponieważ badania te ograniczone były do początkowych próbek gazów uzyskanych z odwiertów w pięciu lokalizacjach. Niemniej jednak zakładając na podstawie tych badań i porównań ze złożami amerykańskimi [2],

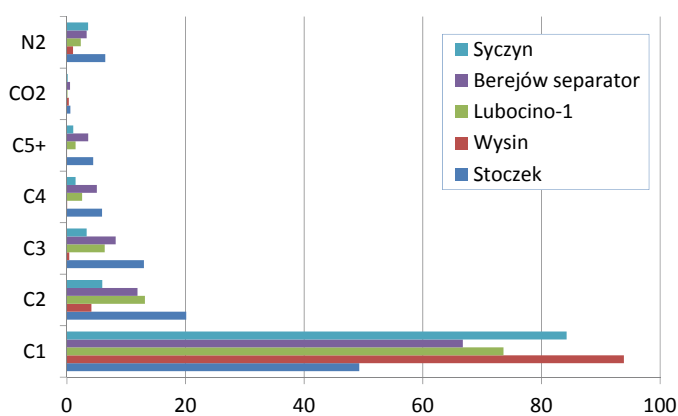
że składy przyszłych złóż będą w miarę powtarzalne, można przyjąć bardzo dobrą zamiennność tych gazów z obecnie

użytkowanymi gazami ziemnymi ze źródeł klasycznych eksplloatowanych dotychczas w Polsce.

### Badanie zamienności gazów

Gaz ziemny jest produktem naturalnego rozkładu produktów organicznych bez dostępu tlenu, uwieczonych w różnych strukturach geologicznych, stąd też jego skład zależy zarówno od materiału wejściowego, z jakiego się tworzył, jak i od warunków, w jakich następowało zgazowanie. Natomiast z przykładów przedstawianych w [2] i polskich warunków głębokiego posadowienia złoża wynika, że nie można znaleźć zależności pomiędzy składem gazu a głębokością złoża, i jak podaje [3], jest tyle czynników migracji i kumulacji ropy naftowej i gazu, że trudno o jakieś pewne teorie ogólne. W związku z powyższym istnieje duże prawdopodobieństwo zróżnicowania składu gazów w polskich łupkach i potrzeba badania podobieństwa gazów z różnych źródeł. W ramach prowadzonych badań określono podobieństwo gazów uzyskanych z pięciu dotychczas odkrytych złóż gazów w łupkach, czyli złóż zlokalizowanych koło Lubocina, Berejowa, Syczyna, Stoczka i Wysina. Skład tych gazów przedstawiony został na rysunku 1.

Jak widać na powyższym wykresie, zmienność zawartości poszczególnych składników jest bardzo duża. Jeszcze



Rys. 1. Składy gazów ze złóż w 5 lokalizacjach

Tablica 1. Parametry energetyczne gazów z łupków

Parametr	Liczba Wobbego $W_s$ [MJ/m <sup>3</sup> ]	Ciepło spalania $H_s$ [MJ/m <sup>3</sup> ]	Gęstość względna $d$
Lubocino-1	55,48	48,55	0,766
Berejów separator	57,28	53,30	0,866
Stoczek	59,40	59,70	1,010
Syczyn	51,79	42,65	0,678
Wysin	50,61	38,77	0,587

Gaz suchy przy 15°C i 15°C, i 1013,25 mbar

lepiej wynika to z przedstawionych w tabelicy 1 parametrów energetycznych obliczonych dla powyższych gazów. Należy tu przypomnieć, że liczba Wobbego jest najpopularniejszym parametrem podobieństwa paliw gazowych.

Dla porównania w tabelicy 2 przedstawiono parametry energetyczne gazów stosowanych w badaniach urządzeń gazowych projektowanych dla zasilania ich gazem grupy E.

Pierwsze trzy gazy z tabelicy 1 nie mieszczą się w zakresie parametrów gazów testowych i bez procesów przygotowawczych nie powinny być wprowadzane do użytkowania w urządzeniach gazowych przystosowanych do spalania gazów grupy E. Gazy z Syczyna i Wysina mogą być bezpośrednio użytkowane i – co godne uwagi – gaz z Wysina charakteryzuje się parametrami pozwalającymi na stosowanie go w badaniach jako gazu odniesienia (liczba Wobbego  $W_s$  mieści się w tolerancji 2% w odniesieniu do gazu G20 [6]).

W związku z powyższym dalsze działania skupiono na możliwości wykorzystania gazów z początku tabelicy 1. Jako przykład dla tej grupy wykorzystano gaz z odwiertu Berejów, dla którego przeprowadzono w ramach zadania 3, realizowanego przez inny zespół w programie Blue Gas, symulację separacji ropy/gazu ze złoża. Z symulacji tej do anali-

Tablica 2. Charakterystyka gazów do badań według PN-EN 437 [7]

Rodzina i grupa gazów	Gazy do badań	Oznaczenie	Skład objętościowy [%]	Liczba Wobbego $W_s$ [MJ/m <sup>3</sup> ]	Ciepło spalania $H_s$ [MJ/m <sup>3</sup> ]	Gęstość względna $d$
Grupa E	Gaz odniesienia	G20	CH <sub>4</sub> = 100	50,72	37,78	0,555
	Gaz graniczny niepełnego spalania i żółtych końców	G21	CH <sub>4</sub> = 87 C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> = 13	54,76	45,28	0,684
	Gaz graniczny cofania się płomienia	G222	CH <sub>4</sub> = 77 H <sub>2</sub> = 23	47,87	31,86	0,443
	Gaz graniczny odrywania się płomienia	G231	CH <sub>4</sub> = 85 N <sub>2</sub> = 15	40,90	32,11	0,617

Gaz suchy przy 15°C i 15°C, i 1013,25 mbar

zy wybrano gazy z poszczególnych stopni separacji (na tym etapie nie było możliwości wykorzystania rzeczywistych gazów czerpanych z odwiertów).

Tablica 3. Zestawienie składu strumieni gazowych separacji ropy Berejów

Gaz	Skład strumienia B14 [%]	Skład strumienia B6 [%]
He	0,435	0,014
N <sub>2</sub>	4,452	0,243
CO <sub>2</sub>	0,919	0,531
C <sub>1</sub>	72,671	11,494
C <sub>2</sub>	12,254	10,706
C <sub>3</sub>	6,092	18,853
C <sub>4</sub>	2,308	23,292
C <sub>5</sub>	0,739	21,969
C <sub>6</sub>	0,113	8,810
C <sub>7+</sub>	0,017	4,088

Tablica 4. Zestawienie składu gazu B14 z separacji ropy Berejów i gazu sieciowego jako zamiennika gazu B14 w analizie porównawczej metodą Weavera

Gaz	Skład gazu B14	Skład gazu zamiennego dla B14	Zgodność [%]
He	0,435	–	
N <sub>2</sub>	4,452	1,2060	
CO <sub>2</sub>	0,919	0,0190	
C <sub>1</sub>	72,671	97,7300	
C <sub>2</sub>	12,254	0,7870	
C <sub>3</sub>	6,092	0,1787	
C <sub>4</sub>	2,308	0,0553	
C <sub>5</sub>	0,739	0,0240	
C <sub>6</sub>	0,113	–	
C <sub>7+</sub>	0,017	–	
W <sub>s</sub> [MJ/m <sup>3</sup> ]	52,57*	50,07*	–4,75
H <sub>s</sub> [MJ/m <sup>3</sup> ]	45,85*	37,71*	–17,75

\* Dla warunków 15°C i 1013,25 mbar

Poniżej przedstawiono składy dwóch gazów uzyskiwanych z ostatnich stopni separacji po stronach gazu (gaz B14) i pozostałości ciekłej (gaz B6).

Należało ocenić, czy gaz B14 otrzymywany na trzecim separatorze jest wystarczająco uzdatniony do wprowadzenia go do sieci gazu ziemnego wysokometanowego oraz jaka jest przydatność gazu B6 uzyskiwanego z ostatniego separatora pozostałości naftowej.

Do analizy przydatności gazu B14 wykorzystano metodę podobieństwa Weavera [6], która na podstawie sześciu kryteriów podobieństwa pozwala porównywać dwa paliwa gazowe pod kątem spalania i parametrów energetycznych. W tablicach 4 i 5 przedstawiono wyniki porównania tego gazu z typowym gazem ziemnym wysokometanowym przesyłanym siecią. Jak wynika z tablicy 5, parametry podobieństwa energetycznego i stabilności płomienia mieszczą się w zakresie określonym w tej metodzie, natomiast podobieństwo spalania wskazuje, że gaz B14 będzie się spalał nieznacznie szybciej niż gaz przyjęty do porównania.

Ogólnie można przyjąć, że gaz B14 wprowadzany do sieci nie będzie zakłócał pracy urządzeń przystosowanych do zasilania ich gazem grupy E. Jest to również spójne z wynikami prezentowanymi w [4] i [5] dla gazów o podwyższonej zawartości węglowodorów wyższych.

W powyższej ocenie przydatności gazu B14 uniknięto prowadzenia badań, ponieważ wystarczająca była analiza porównawcza parametrów gazów. W przypadku gazu B6 jego skład odbiega znacznie od gazów, dla których badania wykonywane są na podstawie normy [6] i konieczne było przeprowadzenie badania spalania w dostępnych na rynku urządzeniach. W pierwszej kolejności należało znaleźć stosunkowo prosty zamiennik tego gazu, który będzie można stosować w laboratorium. Trzeba tu przypomnieć, że B6 jest gazem z symulacji, a skomponowanie takiego składu byłoby niezmiernie uciążliwe i drogie. W celu znalezienia zamiennika wykorzystano wspomnianą wyżej metodę Weavera. Analizując różne kompozycje składów zamiennych, wybrano do dalszych badań składy podane w opisie badań laboratoryjnych.

Tablica 5. Ocena zgodności gazu B14 z gazem sieciowym metodą Weavera

Parametr oceniany	Symbol	Nazwa wskaźnika	Wartość wskaźnika		Wartości uzyskane
			optymalna	graniczna	
Wskaźniki dotyczące obciążenia cieplnego przyrządów	J <sub>H</sub>	obciążenia cieplnego	1	0,95÷1,05	0,95
	J <sub>A</sub>	powietrza pierwotnego	1	0,95÷1,05	0,96
Wskaźniki dotyczące stabilizacji płomienia	J <sub>L</sub>	odrywania płomienia	1	0,64÷1,00	0,92
	J <sub>F</sub>	cofania płomienia	0	0÷0,08	0,01
Wskaźniki dotyczące jakości spalania	J <sub>Y</sub>	występowania żółtych końców	0	0÷0,14	–0,04
	J <sub>I</sub>	tworzenia tlenków węgla	0	0÷0,05	–0,06

## Badania laboratoryjne

Problemem pozostaje zagospodarowanie gazu po separacji ropy (strumień B6) – jaką kategorię urządzeń wykorzystać. Najlepszym podobieństwem energetycznym do tego gazu charakteryzowała się mieszanka 85% butanu i 15% propanu (gaz B6/2), co wskazuje na kategorię urządzeń  $I_{3B/P}$  według normy [6]. Dla tej mieszanki opracowano sposób jej uzyskiwania (mieszalnia gazów) i przygotowano dwa urządzenia: kuchenkę gazową i gazowy przepływowy ogrzewacz wody, fabrycznie przystosowane do spalania propanu-butanu, na których przewidziane jest wykonanie badań parametrów energetycznych i jakości spalania. Powyższa mieszanka doskonale odwzorowuje parametry energetyczne gazu podstawowego (tablica 6), natomiast jakość spalania ( $J_Y$  i  $J_I$  – tablica 7) mocno odbiega od wartości granicznej, co wymagało podjęcia prób spalania w tych urządzeniach gazu B6/3, scharakteryzowanego pod kątem podobieństwa do gazu B6 w tablicach 8 i 9. Gaz ten dobrze oddaje podobieństwo w odniesieniu do jakości spalania ( $J_Y$  i  $J_I$  – tablica 9).

Tablica 6. Zestawienie składu strumienia B6 i jego zamiennika B6/2

Gaz	Skład strumienia B6 [%]	Skład gazu zamiennego B6/2 [%]	Zgodność [%]
He	0,014	–	
N <sub>2</sub>	0,243	–	
CO <sub>2</sub>	0,531	–	
C <sub>1</sub>	11,494	–	
C <sub>2</sub>	10,706	–	
C <sub>3</sub>	18,853	15	
C <sub>4</sub>	23,292	85	
C <sub>5</sub>	21,969	–	
C <sub>6</sub>	8,810	–	
C <sub>7+</sub>	4,088	–	
$W_s$ [MJ/m <sup>3</sup> ]	86,16*	86,28*	+0,14
$H_s$ [MJ/m <sup>3</sup> ]	122,57*	122,44*	-0,11

\* Dla warunków 15°C i 1013,25 mbar

Tablica 7. Ocena zgodności zamiennika B6/2 z gazem podstawowym metodą Weavera

Parametr oceniany	Symbol	Nazwa wskaźnika	Wartość wskaźnika		Wartości uzyskane
			optymalna	graniczna	
Wskaźniki dotyczące obciążenia cieplnego przyrządów	$J_H$	obciążenia cieplnego	1	0,95÷1,05	1,00
	$J_A$	powietrza pierwotnego	1	0,95÷1,05	1,08
Wskaźniki dotyczące stabilizacji płomienia	$J_L$	odrywania płomienia	1	0,64÷1,00	1,04
	$J_F$	cofania płomienia	0	0÷0,08	-0,14
Wskaźniki dotyczące jakości spalania	$J_Y$	występowania żółtych końców	0	0÷0,14	10,17
	$J_I$	tworzenia tlenków węgla	0	0÷0,05	0,11

Ostatecznie badania wykonano dla trzech gazów: gazu odniesienia dla kategorii urządzeń  $I_{B/P}$ , czyli butanu, dla mieszaniny 85% butanu i 15% propanu (gaz B6/2) i mieszaniny 60% propanu i 40% n-pentanu (gaz B6/3), symulujących gaz B6. Zbiorczo wyniki przedstawiono w tablicy 10.

Porównując tablice 7 i 9, możemy zauważyć, że tylko zamiennik B6/3, czyli mieszanina 60% propanu i 40% pentanu, w pełni oddaje właściwości gazu ze strumienia B6 pod względem skłonności do tworzenia sadzy. Ponieważ powyższe badania prowadzone były na urządzeniach przystosowanych do spalania propanu-butanu, dla którego – jak wynika z tablicy 7 – współczynnik spalania  $J_Y$  bardzo odbiega od wartości granicznej, należało wykonać badania pod kątem wydzielania się sadzy na powierzchni ogrzewanych elementów. Dlatego też przeprowadzono badania z zastosowaniem mieszaniny B6/3 w badaniach długotrwałych. Wpływ długotrwałego spalania mieszaniny zawierającej pentan badano na grzejniku wody przepływowej – urządzeniu najbar-

Tablica 8. Zestawienie składu gazu B6 i jego zamiennika B6/3

Gaz	Skład gazu B6 [%]	Skład gazu zamiennego B6/3 [%]	Zgodność [%]
He	0,014	–	
N <sub>2</sub>	0,243	–	
CO <sub>2</sub>	0,531	–	
C <sub>1</sub>	11,494	–	
C <sub>2</sub>	10,706	–	
C <sub>3</sub>	18,853	60	
C <sub>4</sub>	23,292	–	
C <sub>5</sub>	21,969	40	
C <sub>6</sub>	8,810	–	
C <sub>7+</sub>	4,088	–	
$W_s$ [MJ/m <sup>3</sup> ]	86,16*	86,37*	+0,24
$H_s$ [MJ/m <sup>3</sup> ]	122,57*	122,68*	-0,09

\* Dla warunków 15°C i 1013,25 mbar

Tablica 9. Ocena zgodności zamiennika B6/3 z gazem podstawowym metodą Weavera

Parametr oceniany	Symbol	Nazwa wskaźnika	Wartość wskaźnika		Wartości uzyskane
			optymalna	graniczna	
Wskaźniki dotyczące obciążenia cieplnego przyrządów	$J_H$	obciążenia cieplnego	1	0,95÷1,05	1,00
	$J_A$	powietrza pierwotnego	1	0,95÷1,05	1,03
Wskaźniki dotyczące stabilizacji płomienia	$J_L$	odrywania płomienia	1	0,64÷1,00	1,07
	$J_F$	cofania płomienia	0	0÷0,08	0,00
Wskaźniki dotyczące jakości spalania	$J_Y$	występowania żółtych końców	0	0÷0,14	0,03
	$J_I$	tworzenia tlenków węgla	0	0÷0,05	0,06

Tablica 10. Wyniki badania urządzeń zasilanych zamiennikami gazu B6

Urządzenie	Rodzaj palnika	Gaz >	Butan 100% C <sub>4</sub>	B6/2 85% C <sub>4</sub> + 15% C <sub>3</sub>	B6/3 60% C <sub>3</sub> + 40% C <sub>5</sub>
		Stężenie w spalinach* [ppm]			
Kuchenka	duży	CO	56	40	59
		NO <sub>x</sub>	63	65	77
	średni	CO	42	35	33
		NO <sub>x</sub>	71	67	83
	mały	CO	51	58	55
		NO <sub>x</sub>	69	70	70
Grzejnik wody	obciążenie znamionowe	CO	129	88	154
		NO <sub>x</sub>	100	128	181

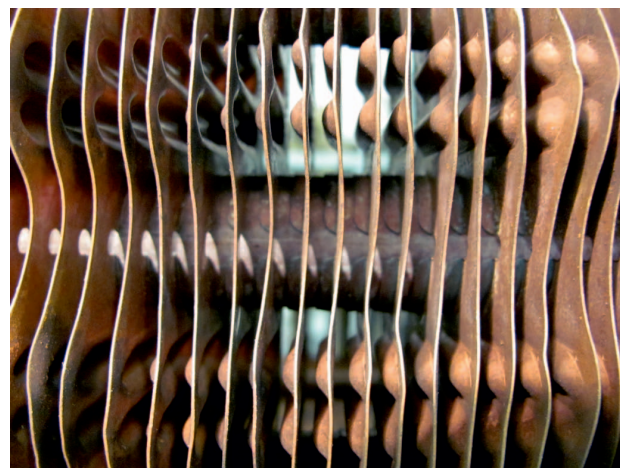
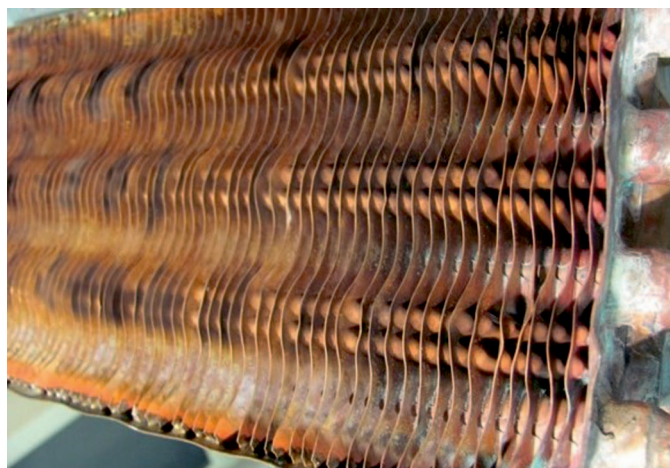
\* Stężenie przeliczone dla suchych i wolnych od powietrza spalin

dziej narażonym na odkładanie się sadzy na wymienniku ciepła, do którego dopływa woda zimna. Na poniższych fotografiach pokazano stan wymiennika ciepła po 16 godzinach pracy przerywanej (warunki najbardziej niekorzystne) przy zasilaniu mieszaniną 60% propanu i 40% pentanu.

Analizując stopień zabrudzenia sadzą powyższego wymiennika ciepła, należy stwierdzić, że przeważająca część ogrzewanej powierzchni pozostała czysta, a tylko w paru punktach dało się zauważyć odkładanie sadzy, co może być

w przyszłości ewentualną wskazówką do instrukcji obsługi tego typu urządzeń, aby skrócić okresy pomiędzy wymaganymi czyszczeniami wymiennika ciepła.

W trakcie badania ujawniła się podstawowa trudność, jaką będzie trzeba pokonać przy spalaniu gazu typu B6, a mianowicie uniknięcie wykrapłania się składników mieszaniny gazowej w instalacji doprowadzającej gaz do urządzenia. Najpraktyczniejsze będzie czerpanie gazu z butli w fazie ciekłej i zasilanie urządzeń gazowych poprzez odparowywacz.



Fot. 1. Widok wymiennika ciepła grzejnika wody przepływowej po 16 godzinach pracy przerywanej przy zasilaniu gazem B6/3

## Wnioski z analizy i badań – ocena czułości określonych grup urządzeń na zasilanie gazami o zmiennych parametrach

### Ocena czułości na zmiany w gazie zasilającym urządzenia domowe

Analiza badań wykonanych na kuchenkach gazowych i grzejniku wody przedstawionych powyżej wskazuje, że w zakresie zmienności gazu B6 stabilność spalania jest zgodna z wymaganiami norm przedmiotowych. Na podstawie tych badań oraz analizy podobieństwa gazów ziemnych dla pozostałych złóż i gazu B14 można stwierdzić, że podstawowe urządzenia gazowe stosowane w gospodarstwach domowych, konstruowane dla gazu propan-butan lub dla gazu E, będą wykazywały znikomą czułość na zasilanie ich gazami o zmiennych parametrach w zakresach, w jakich znajdują się dotychczas analizowane gazy z formacji łupkowych. Warunkiem jest dostosowanie urządzenia do obecnie istniejącej grupy gazu, której zakres zmienności liczb Wobbego obejmuje również liczbę Wobbego analizowanego gazu.

Powyższe wyniki wskazują, że wysoce prawdopodobne jest wykorzystanie urządzeń gazowych przystosowanych do spalania gazu płynnego propanu-butanu do prawidłowego spalania gazu typu B6. Na podstawie przebadanych urządzeń, które były stosunkowo proste, można wnioskować, że w przypadku sprzętu bardziej „inteligentnego” niż badany – systemy regulacji palników pozwolą na jeszcze lepsze dopasowanie urządzenia do zasilającego go gazu.

Należy zwrócić uwagę na badania wykonywane w ramach mandatu M/400 Komisji Europejskiej [1] dotyczące oceny wpływu zmienności gazów ziemnych na działanie urządzeń gazowych różnych typów. Mandat ten został ustanowiony w związku z planami utworzenia transgranicznych sieci gazowych, do których wprowadzane będą gazy ze złóż z Morza Północnego, które – podobnie jak wyżej przedstawione gazy z polskich łupków – również charakteryzowały się liczbami Wobbego z górnego zakresu dla gazu z grupy E (podwyższone zawartości węglowodorów wyższych od metanu). Badania te wykazały dużą elastyczność pracy domowych urządzeń gazowych w odniesieniu do zmian składu gazu, który w badaniach był dobierany tak, aby o 10% prze-

kraczać skrajne liczby Wobbego. Tylko w nielicznych przypadkach wymagana była zmiana średnicy dyszy.

### Ocena czułości gazowych urządzeń przemysłowych

Zarówno wnioski wypływające z badań urządzeń domowych, jak i analizy pracy urządzeń w zakładach przemysłowych przedstawione w [5] prowadziły do stwierdzenia braku zagrożeń związanych z wprowadzaniem do sieci gazów o podwyższonych parametrach kalorycznych charakterystycznych dla gazów z regazyfikacji LNG. We wnioskach wskazano na małą wrażliwość urządzeń gazowych stosowanych dla celów energetycznych na zmienność jakości gazu w przewidywanym zakresie.

Jak już wspomniano powyżej, analizowane gazy z dotychczasowych odwiertów w łupkach wskazują na podobieństwo do analizowanych w [5] gazów ze złóż Morza Północnego i z regazyfikacji LNG.

Ponieważ zakres zmienności gazów w powyższej pracy wynikał podobnie jak obecnie ze stosunkowo dużej zawartości etanu w gazie ziemnym, doświadczenia te można odnieść również do gazów z odwiertów Lubocino, Syczyn i Stoczek oraz do gazu B14.

Pozostaje problem odbioru gazu przez przemysł chemiczny, dla którego najlepszym dostawcą może być jedynie odwiert w Wysinie. W pozostałych przypadkach, w zależności od zawartej umowy z dostawcą gazu, można się spodziewać reklamacji ze względu na obniżoną zawartość metanu w dostarczonym gazie. Dostarczany gaz ziemny traktowany jako źródło metanu do dalszych technologii jest poddawany wstępnie oczyszczaniu w celu pozbycia się innych składników, przy czym w zależności od programu produkcji danego zakładu uzyskiwany w procesie oczyszczania etan dla jednych może być odpadem, ale dla innych cennym surowcem do dalszego przerobu. Należy zwrócić uwagę na doświadczenia irańskie z pola gazowego na granicy morskiej z Kuwejtem (South Pars Gas Complex Co.), gdzie przy zawartości etanu już na poziomie 5,5% mówi się o tanim źródle do produkcji etylenu i jego pochodnych.

### Programy zabezpieczające odbiorców użytkujących urządzenia czułe na zasilanie gazami odbiegającymi od zalecanych parametrów

Powyższa ocena czułości określonych grup urządzeń na zasilanie gazami o zmiennych parametrach wskazuje, że w zakresie zmienności gazów przygotowanych do włączenia do sieci (po separacji) z odwiertów Lubocino, Syczyn, Stoczek czy Berejów powszechnie wykorzystywane urządzenia przystosowane do spalania gazu grupy E rodziny dru-

giej nie wymagają specjalnych programów przystosowawczych. Podobnie analiza i badania wykonane dla przykładowego gazu po ostatniej separacji węglowodorów wyższych (gaz B6 z symulacji dla Berejowa) wykazały, że stabilność spalania jest zgodna z wymaganiami norm przedmiotowych, czyli ogólnie można stwierdzić, że podstawowe urządzenia

gazowe stosowane w gospodarstwach domowych, konstruowane dla gazu propan-butan lub dla gazu E, będą wykazywały znikomą czułość na zasilanie ich gazami o zmiennych parametrach w zakresach, w jakich znajdują się dotychczas analizowane gazy z formacji łupkowych.

Należy jednak zwrócić uwagę na istniejące programy optymalizujące pracę różnych grup urządzeń rynkowych ze względu na jakość gazu w sieci. Jak wynika z tablicy 2, zakres liczby Wobbego dla gazu grupy E jest bardzo szeroki (od 40,9 do 54,7 MJ/m<sup>3</sup>) i obecnie produkowane wysokosprawne kotły grzewcze kondensacyjne w instrukcjach obsługi posiadają programy nastawy parametrów spalania w zależności od parametrów zasilającego gazu. Programy te bazują na pomiarze zawartości ditlenku węgla w spalinach i odpowiedniej korekcie liczby nadmiaru powietrza poprzez zmianę nastawy w regulatorze stosunku gaz–powietrze. Oznacza to, że w przypadku stałych dostaw gazu o parametrach odbiegających od przyjętych w momencie instalowania urządzenia możliwe będzie przestawienie tych urządzeń zgodnie z wytycznymi zawartymi w instrukcji, co umożliwi ich pracę przy optymalnych parametrach jakości spalania i sprawności. W układach sterowania kotłów c.o., w których moc kotła jest sterowana według założonej temperatury wody na

wyjściu z kotła poprzez zmianę wydajności wentylatora powietrza do spalania (zmiana obrotów), zmiany składu gazu w analizowanym zakresie nie zakłócą procesu ogrzewania pomieszczenia, ponieważ w przypadku gazów węglowodorowych o mocy palnika decyduje ilość powietrza zasysająca gaz w regulatorze stosunku gaz–powietrze. Zmiany składu gazu nie wpływają na moc kotła, a jedynie przy dużych wahaniami mogą wpływać na jakość spalin i sprawność, przy czym zmiany te nie powodują skutków dyskwalifikujących urządzenie w odniesieniu do wymagań norm przedmiotowych.

Nowoczesne piece grzewcze wyposażane są w systemy optymalizacji spalania w zależności od wykorzystywanej technologii i zmiany jakości gazu w przedstawionym wyżej zakresie są uwzględnione w programach automatycznych układów sterowania.

Analogiczna sytuacja występuje w przypadku turbin gazowych, w których podobnie jak w silnikach zasilanych gazem sonda alfa na bieżąco reguluje stosunek gaz–powietrze w mieszaninie dostarczanej do spalania. Sondy alfa są kalibrowane na gazy odbiegające wartościami energetycznymi od gazu odniesienia w zakresie  $\pm 10\%$ , co powinno zapewnić właściwe spalanie dla gazów z dotychczas analizowanych odwiertów.

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2016, nr 11, s. 968–974, DOI: 10.18668/NG.2016.11.11

Artykuł nadesłano do Redakcji 4.10.2016 r. Zatwierdzono do druku 10.11.2016 r.

Artykuł powstał na podstawie pracy badawczej pt. *Opracowanie optymalnych koncepcji zagospodarowania złóż niekonwencjonalnych z uwzględnieniem aspektów środowiskowych i społecznych*. Zadanie nr 5 – *Określenie wpływu zmienności składu gazów na pracę urządzeń gazowych* – praca INiG – PIB na zlecenie NCBiR o akronimie ResDev; nr zlecenia: 133/6115/13/11, nr archiwalny: DK-0601/12.

## Literatura

- [1] European Commission Directorate – General for Energy and Transport: Mandate to CEN for standardisation in the field of gas qualities. Brussels, 16 January 2007, M/400 EN.
- [2] Gebhardt Z.: *Analysis of the possibilities for using shale gas to supply gas appliances based on the comparative assessment of gas*. Nafta-Gaz 2015, nr 11, s. 924–928.
- [3] Molenda J.: *Gaz ziemny*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1993, s. 114–117.
- [4] Wojtowicz R.: *Ocena gazu granicznego G21 pod kątem jego przydatności do określenia jakości spalania gazów ziemnych wysokometanowych pochodzących z regazyfikacji LNG w urządzeniach użytku domowego*. Nafta-Gaz 2013, nr 8, s. 599–612.
- [5] Wojtowicz R.: *Zagadnienia wymienności paliw gazowych, wymagania prawne odnośnie jakości gazów rozprowadzanych*

*w Polsce oraz możliwe kierunki dywersyfikacji*. Nafta-Gaz 2012, nr 6, s. 359–367.

## Akty prawne i normatywne

- [6] Polska Norma PN-EN 437+A1:2012 *Gazy do badań – Ciśnienia próbne – Kategorie urządzeń*.



Dr inż. Zdzisław GEBHARDT  
Kierownik Zakładu Użytkowania Paliw  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A  
31-503 Kraków  
E-mail: [zdzislaw.gebhardt@inig.pl](mailto:zdzislaw.gebhardt@inig.pl)