

Eksploatacja nawaniania wtryskowych Dosaodor-D. Cz. II

Krzysztof Gromadzki^{*)}

Słowa kluczowe: nawonienie gazu, nawaniania, Dosaodor-D, nawaniania wtryskowa, waga impulsów, nasycenie, THT, tetrahydrotiofen

Streszczenie

Artykuł stanowi podsumowanie realizacji programu badawczego zawartego między Polską Spółką Gazownictwa sp. z o.o. Oddział w Gdańsku a Emerpol sp. z o.o. w zakresie analizy procesu nawonienia w oparciu o nowoczesne nawanianie wtryskowe Dosaodor-D zainstalowane na terenie działania PSG sp. z o.o. Oddział w Gdańsku.

Jest to zbiór ponad rocznej analizy pracy sterowników nawaniania i pozostałych procesów związanych z nawonieniem paliwa gazowego, dzięki której udało się przeprowadzić szereg symulacji i badań poszerzających wiedzę w zakresie nowoczesnych metod nawonienia gazu ziemnego. Artykuł zawiera opis problemów eksploatacyjnych z jakimi się zetknięto oraz sposoby ich rozwiązania. Uzupełnieniem materiału jest analiza kosztowa urządzeń.

Keywords: gas odorization, Dosaodor-D, odorizing unit, odorizing unit with injection mode, THT, tetrahydrothiophene

Summary

The article is a summary of the research program signed between the Polish Gas Company sp. z o.o. Branch in Gdansk and Emerpol sp. z o.o. in the field of process analysis odorizing based on modern odorization system DOSAODOR-D installed in PSG sp. z o.o. Branch in Gdansk.

It is an analysis of data collected for over a yearlong work of unit installed drivers and other processes associated with odorizing fuel gas, which successfully carried out a series of simulations and studies expanding knowledge of modern methods for odorizing natural gas. The article contains a description of operational problems with which to brought into contact and how to solve them. Complemented by an analysis of the devices cost.

2.10. Analiza czasu pracy nawaniania wtryskowej na zasilaniu bateryjnym

W związku z instalacją zestawów awaryjnego zasilania bateryjnego D2 – 6 Ah w nawanianiach Dosaodor-D, zakończoną 23 kwietnia 2014 r., przystąpiono do weryfikacji zależności między czasem podtrzymania zasilania a wielkością przepływającego strumienia Q_p oraz stanu baterii po roku eksploatacji. Zdecydowano się na kontrolowane odłączanie obwodu 230V, zmuszając układy nawaniania do pracy bateryjnej.

Testy przeprowadzono na siedmiu stacjach wyposażonych w wymienione układy.

Jak łatwo zauważyć czas podtrzymania zasilania waha się na poszczególnych stacjach od 2 godzin do 4 godzin i 30 minut. Na uzyskane wyniki wpływ mają takie czynniki jak:

- temperatura otoczenia,
- stan zużycia baterii,
- napięcie ładowania,
- objętość właściwa wtrysku,
- wielkość strumienia paliwa gazowego,
- obecność nawaniania kontaktowej.

Warto zaznaczyć, że obecność nawaniania kontaktowej wiąże się ze stałym poborem prądu z akumulatora do podtrzymania elektrozaoporu, przełączającego nawanianie w tryb kontaktowy.

W wyniku prowadzonej obserwacji stwierdzono, że parametr „Objętość właściwa wtrysku” (wyrażony w g/s), decydujący o tym jak często wtryskiwacz będzie podawał nawaniacz, ma zasadniczy wpływ na zużycie energii. Im mniejsza wartość parametru, tym częściej i precyzyjniej będzie następowało dawkowanie THT, ale co za tym idzie, zużycie energii wzrasta.

Według zaleceń producenta napięcie ładowania baterii nie powinno być niższe niż 13,8 V, a jego poziom w razie potrzeby można wyregulować za pomocą przeznaczonego do tego celu potencjometru.

Przeanalizowane nawanianie pomyślnie przeszły testy pracy na zasilaniu bateryjnym, dając tym samym praktyczną wiedzę o realnym czasie podtrzymania na konkretnych obiektach gazowych.

Tabela 6. Wyniki testów pracy nawaniania Dosaodor-D na zasilaniu bateryjnym

Table 6. Results of tests of Dosaodor-D odorizing unit operation powered with batteries

L.p.	Nazwa stacji	Czas pracy [h:mm]	Rozładowanie UPS	Średni strumień [m ³ /h]	Objętość właściwa wtrysku [g/s]	Napięcie ładowania [V]	Napięcie spoczynkowe [V]
1	SGW 3	4:33	Tak	2 200	0,30	13,94	12,80
2	SGW 5	1:58	Tak	9 000	0,88	13,80	13,10
3	SGW 9	3:00	Nie	1 870	0,77	13,25	12,72
4	SGW 1	4:30	Nie	1 140	0,86	14,15	14,05
5	SGW 7	2:01	Tak	1 500	0,86	15,56	14,41
6	SGW 8	2:35	Nie	1 600	1,52	13,27	12,64
7	SGW 14	2:06	Nie	270	1,18	13,21	12,65

^{*)} **Mgr inż. Krzysztof Gromadzki** – Absolwent Politechniki Gdańskiej Wydziału Elektrotechniki i Automatyki na kierunku Elektrotechnika. Pracownik Polska Spółka Gazownictwa Oddział w Gdańsku, Dział Zarządzania Ruchem Sieci, Specjalista ds. Systemów SCADA, email: krzysztof.gromadzki@gdansk.psgaz.pl

2.11. Analiza pracy nawaniania przy niskiej przepustowości zaworu wtryskowego

W ramach prowadzonych badań zdecydowano się na sprawdzenie pracy nawaniania przy niskiej przepustowości zaworu wtryskowego. Standardowo „Objętość właściwa wtrysku”, wyrażona w g/s decydująca jak często wtryskiwacz będzie podawał nawianiacz, była ustawiona na wartości rzędu 1,56 g/s. Im mniejsze przyjmuje ona wartości tym częściej wtryskiwacz wstrzykuje THT do paliwa gazowego, a co za tym idzie, precyzyjniej nawania gaz ziemny.

Producent zaleca, aby parametr ten nie był niższy niż 0,50 g/s, zwłaszcza w okresie zimowym, ponieważ przy bardzo małej przepustowości zaworu może dojść do jego oblodzenia i w konsekwencji zatkania i zatrzymania wtryskowego trybu pracy sterownika.

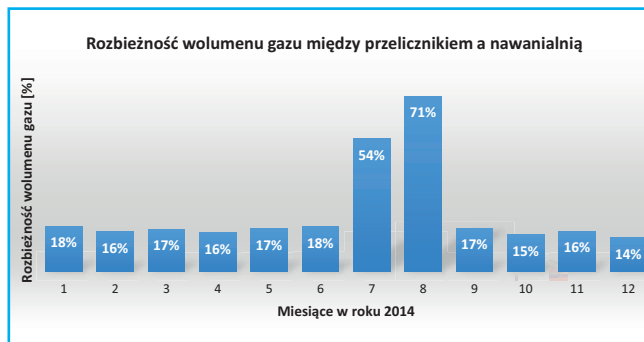
Aby sprawdzić stabilność pracy wtryskiwacza przy mniejszych wartościach omawianego parametru na stacjach SGW 1, SGW 2, SGW 4, SGW 5, SGW 6, SGW 7, SGW 9 zmniejszono objętość właściwą wtrysku do poziomu około 0,80 g/s, a z kolei na SGW 3 ustawiono ekstremalnie 0,27 g/s.

Obserwacja pracy wymienionych powyżej stacji przez okres od 21 października 2014 r. do 16 czerwca 2015 r. nie wykazała żadnych problemów eksploatacyjnych związanych ze zmianą tego parametru.

Na SGW 3 również nie zaobserwowano żadnych problemów z pracą sterownika nawaniania przy niskiej nastawie parametru przepustowości zaworu wtryskowego. Z racji stosunkowo wysokich temperatur zewnętrznych w okresie zimowym, jak również małych rozbiórów gazu na stacji, nie udało się zaobserwować wystąpienia problemu wskazanego przez producenta, a związanego z zaleceniem niestosowania nastaw parametru „Objętości właściwej wtrysku” poniżej 0,50 g/s.

2.12. Analiza kosztów nawaniania przy nieoptymalnej konfiguracji urządzeń

Mając świadomość istnienia problemów konfiguracyjnych urządzeń zlokalizowanych na stacjach, a opisanych w podrozdziale 2.9 niniejszego opracowania postanowiono poddać analizie straty THT wynikające ze złej konfiguracji przeliczników i nawaniania na przykładowym obiekcie. Stacją gazową wytypowaną do analizy została SGW 11 zlokalizowana w Zakładzie Gazowniczym w Bydgoszczy. Jest ona jedną z czterech stacji, na których zdiagnozowano rozbieżność rejestrowanego wolumenu gazu na „korzyść” nawaniania, co oznacza, że sterownik Dosador-D rejestrował więcej gazu niż przeliczniki doprowadzając tym samym do nadmiernego zużycia THT wobec wartości zadanej. Rozbieżności na czterech stacjach wahały się od 5% do 30%. Do opracowania wybrano obiekt o wstępnie określonej rozbieżności rzędu 14%.



Rys. 12. Rozbieżność wolumenu gazu między przelicznikiem a nawaniania

Fig. 12. Discrepancy in gas volume between flowcomputer and odorizing unit

Prezentowane koszty są kosztami netto. Analiza oparta jest na informacjach za rok 2014, w oparciu o dane zgromadzone w systemie SCADA, dla układu pomiarowego zainstalowanego po stronie wysokiego ciśnienia.

Jak łatwo zaobserwować w prezentowanej tabeli z danymi i na wykresie praktycznie przez cały rok utrzymywała się rozbieżność rzędu kilkunastu procent. Inna sytuacja ma miejsce w miesiącach wakacyjnych (lipiec i sierpień), kiedy rozbieżność ta wzrosła do kilkudziesięciu procent. Straty THT obliczono jako iloczyn procentu rozbieżności miesięcznej w zarejestrowanym wolumenie gazu między przelicznikiem Dosador-D a wykazanym przez nawanianie zużyciem nawianiacza. Wynik tego działania prezentuje kolumna „Nadmiarowe zużycie THT [kg]” w tab. 7. Przyjęto szacunkowy koszt 1 kg THT na poziomie 7,83 € przy kursie EUR/PLN na potrzeby analizy z dnia 29 lipca 2015 r., wynoszący 4,1452 zł. Obliczone straty wynikające z niepoprawnej konfiguracji w 2014 r. wynoszą 274,46 kg THT, a w przeliczeniu na złotówki 8 908,16 zł.

Jak wynika z powyższej analizy, dbałość o poprawne nastawy Dosador-D oraz przeliczników w zakresie współpracy z nawaniania oraz ich regularna kontrola mogą znacząco ograniczyć koszty wynikające z nadmiernego zużycia substancji nawaniania. Dlatego też, służby eksploatacyjne muszą zachować wyjątkową czujność przy operacjach wymiany przeliczników na stacji, jak również przygotowywania do pracy urządzeń zresetowanych do ustawień fabrycznych, celem zachowania odpowiednich nastaw wagi impulsów (parametr „imp N”) lub nasycenia (parametr „nas N”).

Tabela 7. Analiza strat THT na skutek niewłaściwej konfiguracji urządzeń

Table 7. Analysis of THT loss due to incorrect equipment configuration

Przedział czasu	Przeliczniki [m ³]	Nawaniania [m ³]	Różnica [m ³]	Różnica [%]	Nawaniania THT [g]	Nawaniania THT [kg]	Nadmiarowe zużycie THT [kg]	Nadmiarowe koszty THT [€]	Nadmiarowe koszty THT [zł]
2014-01-01 06:00:00 - 2014-02-01 06:00:00	4 129 897	4 883 887	753 990	18%	177 296	177,30	32,37	253,45	1 050,59
2014-02-01 06:00:00 - 2014-03-01 06:00:00	3 287 102	3 814 861	527 759	16%	107 365	107,37	17,24	134,97	559,49
2014-03-01 06:00:00 - 2014-04-01 06:00:00	3 073 492	3 598 775	525 283	17%	105 693	105,69	18,06	141,44	586,29
2014-04-01 06:00:00 - 2014-05-01 06:00:00	2 657 921	3 077 468	419 547	16%	92 298	92,30	14,57	114,08	472,87
2014-05-01 06:00:00 - 2014-06-01 06:00:00	2 262 164	2 650 552	388 388	17%	85 215	85,22	14,63	114,56	474,86
2014-06-01 06:00:00 - 2014-07-01 06:00:00	2 243 833	2 648 059	404 226	18%	92 611	92,61	16,68	130,63	541,51
2014-07-01 06:00:00 - 2014-08-01 06:00:00	1 965 278	3 017 672	1 052 394	54%	85 524	85,52	45,80	358,59	1 486,45
2014-08-01 06:00:00 - 2014-09-01 06:00:00	1 733 184	2 957 568	1 224 384	71%	73 854	73,85	52,17	408,52	1 693,38
2014-09-01 06:00:00 - 2014-10-01 06:00:00	1 772 650	2 082 090	309 440	17%	57 011	57,01	9,95	77,92	323,01
2014-10-01 06:00:00 - 2014-11-01 06:00:00	2 541 258	2 919 344	378 086	15%	112 498	112,50	16,74	131,05	543,24
2014-11-01 06:00:00 - 2014-12-01 06:00:00	3 668 396	4 264 128	595 732	16%	106 482	106,48	17,29	135,40	561,25
2014-12-01 06:00:00 - 2015-01-01 06:00:00	4 872 203	5 539 120	666 917	14%	138 478	138,48	18,96	148,42	615,23
Suma:	34 207 378	41 453 524	7 246 146	n.d.	1 234 325	1 234,33	274,46	2 149,03	8 908,16
Średnia:	2 850 615	3 454 460	603 846	24%	102 860	102,86	22,87	179,09	742,35

Koszt netto 1 kg THT: € 7,83
Kurs EUR/PLN: 4,1452 zł z dnia 29.07.2015

2.13. Porównanie zużycia THT ze względu na konstrukcję nawaniania

Kolejna wykonana analiza ekonomiczna dotyczyła oszacowania potencjalnych oszczędności nawaniania, wynikających z teoretycznie większej wydajności i precyzji nawaniania wtryskowych. W naszym przypadku, do porównania wytypowano 4 nawanianie wtryskowe Dosaodor-D, na których w trakcie trwania programu badawczego nie zdiagnozowano problemów konfiguracyjnych oraz istotnych awarii, mogących wpłynąć na omawiane porównanie. Zużycie dla nawaniania wtryskowych określono na podstawie wskazań sterownika nawaniania, uwzględniając raporty Działu Zarządzania Majątkiem Sieciowym, dotyczące ilości dolanego THT. Maksymalna rozbieżność wskazań samego sterownika oraz sterownika z uwzględnieniem raportów nie przekraczała 8%. Do analizy przyjmowano wartość większą jako bardziej wiarygodną, bo uwzględniając ewentualną pracę nawaniania w trybie kontaktowym podczas przestoju wtryskowej.

W PSG Oddział w Gdańsku występują 24 nawanianie kontaktowe (przyjęto oznaczenie **SGW KT**). Do analizy wytypowano 14 tych, dla których istniały pełne informacje dotyczące ilości uzupełnianego THT w analizowanym okresie w 2014 r.

Zużycie dla nawaniania kontaktowych oszacowano na podstawie informacji o ilości uzupełnionego THT otrzymanego z Działu Zarządzania Majątkiem Sieciowym. Zaznaczyć wyraźnie należy, że są to dane szacunkowe, ponieważ aktualnie w PSG Oddział w Gdańsku nie istnieją techniczne możliwości, pozwalające wygenerować zestawienie bilansujące zużycie tetrahydrotiofenu w ujęciu rocznym, co znacząco utrudnia pozyskanie tych danych do jakichkolwiek analiz. Natomiast ilość wolumenu gazu została przyjęta na podstawie danych ruchowych z systemu SCADA.

Z zebranych w formie tabelarycznej (patrz dalej) danych wysuwają się następujące wnioski:

- średnia wydajność nawaniania wtryskowej Dosaodor-D wynosi 33 900 m³ z 1 kg THT,
- średnia wydajność nawaniania kontaktowej wynosi 21 100 m³ z 1 kg THT,
- zakładając wolumen transportowanego gazu rzędu 46 678 936 m³ rocznie 15 nawaniania kontaktowych zużywa 1950 kg THT, tj. o 574 kg THT więcej niż teoretycznie zainstalowane na tych stacjach nawanianie wtryskowe; przy kursie EUR/PLN = 4,1452 zł

(z dnia 29 lipca 2015) i szacunkowej cenie 1 kg THT równej 7,83 € daje to potencjalne straty w wysokości 18 615,66 zł w skali roku,

- różnica w efektywności wykorzystywania 1 kg THT między oboma typami konstrukcji wynosi 12 800 m³ na korzyść nawaniania wtryskowych, co daje o 61 % lepsze wykorzystanie substancji nawaniającej.

Powyższe wnioski dość wyraźnie wykazują przewagę nawaniania wtryskowej Dosaodor-D nad konstrukcjami kontaktowymi w zakresie wydajniejszego nawaniania paliwa gazowego w odniesieniu do 1 kg THT, jak również pozwalają na rejestrację zużycia THT w aspekcie dobowym i miesięcznym, pozwala to w łatwy sposób określać zużycie tetrahydrotiofenu w dowolnym przedziale czasu, co jest niemożliwe przy eksploatacji urządzeń innych konstrukcji.

2.14. Porównanie kosztów obsługi ze względu na konstrukcję nawaniania

Drugim analizowanym aspektem ekonomicznym było sprawdzenie kosztów obsługi przez służby eksploatacyjne, ze względu na konstrukcję nawaniania. W tym celu, do rozważań włączono wszystkie występujące w Oddziale w Gdańsku 24 nawanianie kontaktowe i 4 reprezentatywne urządzenia o konstrukcji wtryskowej.

Bazą do przeprowadzenia wyliczeń były wewnętrzne regulacje PSG w zakresie warunków technicznych eksploatacji stacji gazowych, w tym wewnętrzny dokument „Częstotliwość obsługi stacji i zespółów gazowych” oraz szacunkowy cennik usług uwzględniający realia rynkowe.

Z wymienionych wewnętrznych aktów prawnych wynika, że do kontroli nawaniania skierowani muszą być dwaj pracownicy – jeden z uprawnieniami eksploatacyjnymi, drugi z dozorowymi oraz wymóg dwukrotnie częstszej kontroli nawaniania pozbawionej telemetrycznego przekazu danych (co najmniej raz na dwa tygodnie). W naszym przypadku żadna nawaniania kontaktowa nie posiada łączności telemetrycznej z systemem SCADA, z kolei konstrukcje wtryskowe Dosaodor-D są dostępne w zakresie odczytu i sterowania na dwóch łączach telemetrycznych: GPSR w systemie SCADA i GSM (CSD) w aplikacji Dosalink.

Do obliczenia kosztów związanych z bieżącą eksploatacją przyjęto następujące założenia:

Tabela 8. Analiza wydajności nawaniania i potencjalnych oszczędności przy zastosowaniu wersji wtryskowej

Table 8. Analysis of system performance and potential savings in case of using injection odorization system

L.p.	Typ nawaniania	Nazwa stacji	Zużycie gazu roczne [m ³]	Zużycie THT roczne [kg]	Ilość nawonianego gazu z 1 kg THT	Teoretyczne zużycie THT przez nawanianie wtryskową [kg]	Różnica w zużyciu THT [kg]	Oszczędność roczna zużycia THT [€]	Oszczędność roczna zużycia THT [zł]
1	Kontaktowa	SGW KT 1	1 726 299	90	19 181	51	39	€ 306,12	1 268,92 zł
2	Kontaktowa	SGW KT 2	2 094 644	90	23 274	62	28	€ 221,07	916,39 zł
3	Kontaktowa	SGW KT 3	967 841	45	21 508	29	16	€ 128,89	534,26 zł
4	Kontaktowa	SGW KT 4	1 378 711	135	10 213	41	94	€ 738,72	3 062,15 zł
5	Kontaktowa	SGW KT 5	1 764 528	90	19 606	52	38	€ 297,29	1 232,33 zł
6	Kontaktowa	SGW KT 6	2 304 868	90	25 610	68	22	€ 172,53	715,19 zł
7	Kontaktowa	SGW KT 7	1 012 243	45	22 494	30	15	€ 118,64	491,77 zł
8	Kontaktowa	SGW KT 8	595 976	40	14 899	18	22	€ 175,60	727,88 zł
9	Kontaktowa	SGW KT 9	990 447	45	22 010	29	16	€ 123,67	512,63 zł
10	Kontaktowa	SGW KT 10	7 783 490	270	28 828	230	40	€ 316,99	1 313,97 zł
11	Kontaktowa	SGW KT 11	1 386 811	90	15 409	41	49	€ 384,50	1 593,84 zł
12	Kontaktowa	SGW KT 12	4 007 978	180	22 267	118	62	€ 484,01	2 006,30 zł
13	Kontaktowa	SGW KT 13	999 756	45	22 217	29	16	€ 121,52	503,72 zł
14	Kontaktowa	SGW KT 14	19 665 344	695	28 295	580	115	€ 901,36	3 736,31 zł
15	Wtryskowa	SGW 14	1 917 154	54	35 503	57	€ -	-	- zł
16	Wtryskowa	SGW 15	23 631 702	714	33 076	697	€ -	-	- zł
17	Wtryskowa	SGW 2	14 218 415	411	34 595	419	€ -	-	- zł
18	Wtryskowa	SGW 5	46 408 690	1 429	32 476	1 368	€ -	-	- zł
Średnia wydajność wtryskowej:					33 913	Oszczędność: 18 615,66 zł			
Średnia wydajność kontaktowej:					21 129				

- odległości nawianialni od placówki oraz czasy przejazdu wyliczone za pomocą aplikacji maps.google.pl, uwzględniając aktualne na dzień 10 sierpnia 2015 r. placówki/komórki PSG odpowiedzialne za kontrolę obiektów,
 - na koszt roboczogodziny pracowników eksploatacji składa się jeden pracownik z uprawnieniami eksploatacyjnymi (30,00 zł) i drugi z dozorowymi (50,00 zł),
 - stawka za transport dotycząca pojazdu zarejestrowanego jako ciężarowy wynosi 1,30 zł za 1 km,
 - do analizy przyjęto 1 rbg pracy związanej z kontrolą nawianialni na stacji.
- W analizie kosztowej nie uwzględniono:
- wskaźników awarii nawianialni obu typów,
 - ilości wyjazdów regulacyjnych na nawianialnie kontaktowe wynikających ze złego poziomu nawonienia w sieci gazowej,
 - potencjalnych kosztów wyjazdu służb telemetrycznych związanych z usuwaniem usterek w łączności GPRS i GSM na nawianialniach wtryskowych,
 - optymalizacji marszruty służb eksploatacyjnych (zawsze przyjmowano wyjazd na nawianialnie z placówki tylko w celu kontroli nawianialni).

Jak widać z tab. 10 koszty kontroli nawianialni zależą przede wszystkim od odległości obiektu od placówki odpowiedzialnej za wykonanie przeglądu, co wprost przekłada się na stawkę transportu pracowników na miejsce oraz ilość roboczogodzin poświęconych na dotarcie na stację, wykonanie prac i powrót do placówki. Straty

dla firmy z tytułu braku łączności telemetrycznej z obiektem, a co za tym idzie z koniecznością częstszej kontroli pracy nawianialni w przypadku 24 obiektów o konstrukcji kontaktowej, wynoszą w skali roku 71 757,60 zł netto.

W przypadku posiadania wiedzy o ilości dodatkowych wyjazdów związanych z regulacją poziomu nawonienia na tych obiektach (dla Dosaodor-D zadaną dawkę można zmieniać zdalnie) wymieniona kwota z pewnością byłaby wyższa.

Znając na podstawie 28 weryfikowanych obiektów średnią odległość do stacji i średni czas pracy wyrażony w roboczogodzinach można pokusić się o oszacowanie kosztów związanych z eksploatacją na pozostałych niestelemetryzowanych nawianialniach w Oddziale w Gdańsku, w tym przypadku 91 urządzeniach o konstrukcji dyfuzyjnej i dyfuzyjno-barbotażowej.

Kwotę potencjalnych rocznych oszczędności zaprezentowano w tab. 9.

Jak łatwo policzyć zwiększone koszty eksploatacyjne na nawianialniach nie mających możliwości telemetrycznego odczytu danych, w przypadku 115 stacji zlokalizowanych na terenie działania PSG Oddział w Gdańsku to **343 010,40 zł netto** rocznie.

2.15. Analiza opłacalności modernizacji nawianialni

Ostatnim etapem analizy ekonomicznej było zestawienie ze sobą strat THT wynikających z mniejszej wydajności konstrukcji nawianialni kontaktowych w przeliczeniu na 1 kg nawaniacza, ze

Tabela 9. Koszty eksploatacji nawianialni dyfuzyjnych i barbotażowych

Table 9. Operating costs of diffusion systems and bubble systems

Koszt roboczogodziny pracowników	Ilość roboczogodzin [h]	Odległość z placówki do stacji [km]	Całkowity dystans [km]	Koszt transportu	Wymagana ilość kontroli w miesiącu	Miesięczne koszty kontroli	Roczne koszty kontroli	Potencjalne roczne oszczędności
80,00 zł	2,13	30	60	78,00 zł	2	496,80 zł	5 961,60 zł	2 980,80 zł
					Ilość stacji bez telemetrii:		91	
		Suma:		45 208,80 zł	542 505,60 zł	271 252,80 zł		

Tabela 10. Analiza kosztów obsługi nawianialni kontaktowych

Table 10. Analysis of operating costs of absorption odorizing systems

L.p.	Typ nawianialni	Nazwa stacji	Koszt roboczogodziny pracowników	Ilość roboczogodzin [h]	Odległość z placówki do stacji [km]	Całkowity dystans [km]	Koszt transportu	Całkowity czas podróży	Wymagana liczba kontroli w miesiącu	Miesięczne koszty kontroli	Roczne koszty kontroli	Potencjalne roczne oszczędności
1	Kontaktowa	SGW KT 1	80,00 zł	2,50	39	78	101,40 zł	01:30	2	602,80 zł	7 233,60 zł	3 616,80 zł
2	Kontaktowa	SGW KT 2	80,00 zł	2,00	23	46	59,80 zł	01:00	2	439,60 zł	5 275,20 zł	2 637,60 zł
3	Kontaktowa	SGW KT 3	80,00 zł	2,00	33	66	85,80 zł	01:00	2	491,60 zł	5 899,20 zł	2 949,60 zł
4	Kontaktowa	SGW KT 4	80,00 zł	3,00	58	116	150,80 zł	02:00	2	781,60 zł	9 379,20 zł	4 689,60 zł
5	Kontaktowa	SGW KT 5	80,00 zł	3,00	55	110	143,00 zł	02:00	2	766,00 zł	9 192,00 zł	4 596,00 zł
6	Kontaktowa	SGW KT 15	80,00 zł	2,50	50	100	130,00 zł	01:30	2	660,00 zł	7 920,00 zł	3 960,00 zł
7	Kontaktowa	SGW KT 6	80,00 zł	2,00	32	64	83,20 zł	01:00	2	486,40 zł	5 836,80 zł	2 918,40 zł
8	Kontaktowa	SGW KT 16	80,00 zł	2,00	20	40	52,00 zł	01:00	2	424,00 zł	5 088,00 zł	2 544,00 zł
9	Kontaktowa	SGW KT 17	80,00 zł	1,50	10	20	26,00 zł	00:30	2	292,00 zł	3 504,00 zł	1 752,00 zł
10	Kontaktowa	SGW KT 18	80,00 zł	2,00	20	40	52,00 zł	01:00	2	424,00 zł	5 088,00 zł	2 544,00 zł
11	Kontaktowa	SGW KT 7	80,00 zł	2,00	30	60	78,00 zł	01:00	2	476,00 zł	5 712,00 zł	2 856,00 zł
12	Kontaktowa	SGW KT 19	80,00 zł	1,50	15	30	39,00 zł	00:30	2	318,00 zł	3 816,00 zł	1 908,00 zł
13	Kontaktowa	SGW KT 20	80,00 zł	2,00	36	72	93,60 zł	01:00	2	507,20 zł	6 086,40 zł	3 043,20 zł
14	Kontaktowa	SGW KT 8	80,00 zł	2,00	22	44	57,20 zł	01:00	2	434,40 zł	5 212,80 zł	2 606,40 zł
15	Kontaktowa	SGW KT 9	80,00 zł	2,00	40	80	104,00 zł	01:00	2	528,00 zł	6 336,00 zł	3 168,00 zł
16	Kontaktowa	SGW KT 10	80,00 zł	1,50	10	20	26,00 zł	00:30	2	292,00 zł	3 504,00 zł	1 752,00 zł
17	Kontaktowa	SGW KT 11	80,00 zł	2,00	20	40	52,00 zł	01:00	2	424,00 zł	5 088,00 zł	2 544,00 zł
18	Kontaktowa	SGW KT 12	80,00 zł	1,50	10	20	26,00 zł	00:30	2	292,00 zł	3 504,00 zł	1 752,00 zł
19	Kontaktowa	SGW KT 13	80,00 zł	2,00	25	50	65,00 zł	01:00	2	450,00 zł	5 400,00 zł	2 700,00 zł
20	Kontaktowa	SGW KT 21	80,00 zł	2,00	20	40	52,00 zł	01:00	2	424,00 zł	5 088,00 zł	2 544,00 zł
21	Kontaktowa	SGW KT 14	80,00 zł	3,00	55	110	143,00 zł	02:00	2	766,00 zł	9 192,00 zł	4 596,00 zł
22	Kontaktowa	SGW KT 22	80,00 zł	3,00	50	100	130,00 zł	02:00	2	740,00 zł	8 880,00 zł	4 440,00 zł
23	Kontaktowa	SGW KT 23	80,00 zł	1,25	10	20	26,00 zł	00:15	2	252,00 zł	3 024,00 zł	1 512,00 zł
24	Kontaktowa	SGW KT 24	80,00 zł	3,00	40	80	104,00 zł	02:00	2	688,00 zł	8 256,00 zł	4 128,00 zł
25	Wtryskowa	SGW 14	80,00 zł	2,00	29	58	75,40 zł	01:00	1	235,40 zł	2 824,80 zł	- zł
26	Wtryskowa	SGW 15	80,00 zł	1,50	10	20	26,00 zł	00:30	1	146,00 zł	1 752,00 zł	- zł
27	Wtryskowa	SGW 2	80,00 zł	3,00	70	140	182,00 zł	02:00	1	422,00 zł	5 064,00 zł	- zł
28	Wtryskowa	SGW 5	80,00 zł	2,00	16	32	41,60 zł	01:00	1	201,60 zł	2 419,20 zł	- zł
Suma:										12 964,60 zł	155 575,20 zł	71 757,60 zł
Wtryskowe Σ:										1 005,00 zł	12 060,00 zł	
Kontaktowe Σ:										11 959,60 zł	143 515,20 zł	
Stawka za transport:			1,30 zł									
Czas kontroli nawianialni:			01:00									

Tabela 11. Sumaryczne potencjalne oszczędności wynikające z modernizacji nawaniania do wtryskowej

Table 11. Aggregate potential savings resulting from upgrading of absorption type odorizing unit to injection type unit

L.p.	Typ nawaniania	Nazwa stacji	Zużycie gazu roczne [m ³]	Zużycie THT roczne * [kg]	Teoretyczne zużycie THT przez nawanianie wtryskowe [kg]	Różnica w zużyciu THT [kg]	Oszczędność roczna zużycia THT [zł]	Oszczędność roczna w zakresie obsługi [zł]	Szacunkowa łączna oszczędność [zł]	Czas zwrotu inwestycji w latach w nawanianie wtryskowe
1	Kontaktowa	SGW KT 5	1 764 528	90	52	38	1 232,33 zł	4 673,04 zł	5 905,37 zł	13
2	Kontaktowa	SGW KT 4	1 378 711	135	41	94	3 062,15 zł	4 766,64 zł	7 828,79 zł	10
3	Kontaktowa	SGW KT 15	2 882 958	136	85	51	1 669,33 zł	4 024,20 zł	5 693,53 zł	14
4	Kontaktowa	SGW KT 6	2 304 868	90	68	22	715,19 zł	2 969,76 zł	3 684,95 zł	21
5	Kontaktowa	SGW KT 16	3 503 484	166	103	63	2 028,64 zł	2 595,36 zł	4 624,00 zł	17
6	Kontaktowa	SGW KT 17	62 930	3	2	1	36,44 zł	1 790,52 zł	1 826,96 zł	43
7	Kontaktowa	SGW KT 18 (OGP)	6 524 887	309	192	116	3 778,13 zł	2 595,36 zł	6 373,49 zł	13
8	Kontaktowa	SGW KT 7	1 012 243	45	30	15	491,77 zł	2 907,36 zł	3 399,13 zł	25
9	Kontaktowa	SGW KT 19 (OGP)	1 766 837	84	52	32	1 023,06 zł	1 946,52 zł	2 969,58 zł	28
10	Kontaktowa	SGW KT 20 (OGP)	140 525	7	4	3	81,37 zł	3 094,56 zł	3 175,93 zł	27
11	Kontaktowa	SGW KT 8 (OGP)	595 976	40	18	22	727,88 zł	2 657,76 zł	3 385,64 zł	25
12	Kontaktowa	SGW KT 9 (OGP)	990 447	45	29	16	512,63 zł	3 219,36 zł	3 731,99 zł	23
13	Kontaktowa	SGW KT 1 (OGP)	1 726 299	90	51	39	1 268,92 zł	3 681,00 zł	4 949,92 zł	17
14	Kontaktowa	SGW KT 10 (OGP)	7 783 490	270	230	40	1 313,97 zł	1 790,52 zł	3 104,49 zł	27
15	Kontaktowa	SGW KT 2 (OGP)	2 094 644	90	62	28	916,39 zł	2 688,96 zł	3 605,35 zł	23
16	Kontaktowa	SGW KT 3 (OGP)	967 841	45	29	16	534,26 zł	3 000,96 zł	3 535,22 zł	24
17	Kontaktowa	SGW KT 11 (OGP)	1 386 811	90	41	49	1 593,84 zł	2 595,36 zł	4 189,20 zł	20
18	Kontaktowa	SGW KT 12 (OGP)	4 007 978	180	118	62	2 006,30 zł	1 790,52 zł	3 796,82 zł	22
19	Kontaktowa	SGW KT 13 (OGP)	999 756	45	29	16	503,72 zł	2 751,36 zł	3 255,08 zł	26
20	Kontaktowa	SGW KT 21 (OGP)	117 629	6	3	2	68,11 zł	2 595,36 zł	2 663,47 zł	32
21	Kontaktowa	SGW KT 14 (OGP)	19 665 344	695	580	115	3 736,31 zł	4 673,04 zł	8 409,35 zł	10
22	Kontaktowa	SGW KT 22	2 152 053	102	63	38	1 246,11 zł	4 517,04 zł	5 763,15 zł	13
23	Kontaktowa	SGW KT23	551 598	26	16	10	319,39 zł	1 544,10 zł	1 863,49 zł	42
24	Kontaktowa	SGW KT 24	2 904 558	137	86	52	1 681,84 zł	4 205,04 zł	5 886,88 zł	13
Średnia wydajność wtryskowej:				33 913	Oszczędność: 103 621,78 zł					
Średnia wydajność kontaktowej:				21 129						
Koszt netto 1 kg THT: €				7,83						
Kurs EUR/PLN:				4,1452 zł	z dnia 29.07.2015					
Średnia ilość roboczogodzin:				2,1						
Średnia odległość [km]:				30						
Stawka za transport [1 km]:				1,30 zł						
Koszt 1 rbg 2 pracowników:				80,00 zł						

Tabela 12. Koszt modernizacji nawaniania kontaktowej do wtryskowej przy użyciu sterownika Dosaodor-D

Table 12. Costs of upgrading of absorption type odorizing unit to injection type unit using Dosaodor-D odorizing system

Element	Koszt netto	Uwagi:
Dosaodor-D*	€ 14 600,00	Wersja podstawowa do 25 000 m ³ /h
Zawory	€ 500,00	Zawory do nawaniania kontaktowej
Modem	€ 950,00	Karta rozszerzeń dla modemu GSM
Razem:	€ 16 050,00	
Kurs EUR/PLN:	4,1452 zł	Kurs z dnia 29.07.2015
Razem:	66 530,46 zł	
Montaż nawaniania	10 000,00 zł	Szacunkowe koszty spawalnicze i montażowe
Podłączenie telemetrii typ 1	256,40 zł	Dot. kosztu wpięcia nawaniania do istniejącej telemetrii na stacji PSG
Podłączenie telemetrii typ 2	6 956,40 zł	Dot. kosztu wpięcia nawaniania do telemetrii na stacji OGP (koszt szafki telemetrycznej i urządzeń)
Koszty służb eksploatacyjnych	1 014,92 zł	Uzgodniono 4 wyjazdy służb eksploatacyjnych
Koszt modernizacji typ 1: 77 801,78 zł		
Koszt modernizacji typ 2: 84 501,78 zł		

zwiększonymi kosztami eksploatacyjnymi wynikającymi z potrzeby częstszej kontroli fizycznej obiektu.

Dla dziesięciu nawaniania, dla których w podrozdziale 2.13 nie można było oszacować realnego zużycia nawaniania z powodu niewystarczających danych, ilość roczną wyliczono jako iloraz rocznego wolumenu gazu i średniej wydajności nawaniania kontaktowej. Tak przygotowane zestawienie pozwoliło ocenić sumaryczne potencjalne oszczędności zastąpienia nawaniania kontaktowych wtryskowymi lub patrząc z innej perspektywy, straty wynikające z użytkowania urządzeń o przestarzałej konstrukcji opiewających na kwotę 103 621 zł netto.

Pozyskane dodatkowo informacje z firmy Emerpol i odpowiednich komórek PSG pozwoliły w przybliżeniu ocenić koszt modernizacji nawaniania kontaktowej do wtryskowej Dosaodor-D (wersja podstawowa o Q ≤ 25 000, z jednym wtryskiwaczem i bez drukarki) wyposażonej w układ telemetryczny.

Oszacowano koszt modernizacji zarówno dla nawaniania zlokalizowanej na stacji należącej do PSG (istniejąca infrastruktura telemetryczna), jak i operatora gazociągów współpracujących (brak własnej infrastruktury telemetrycznej).

W rozpatrywanej grupie stacji minimalny czas zwrotu inwestycji wyniósłby około 10 lat, przy średnim czasie zwrotu oscylującym przy 22 latach.

Warto w tym momencie podkreślić, że opłacalność modernizacji nawaniania byłaby największa dla obiektów o stosunkowo dużych przepływach rocznych (co najmniej kilka milionów m³) i znacznie oddalonych od placówki odpowiedzialnej za kontrolę (powyżej 45 km).

Warto nadmienić, że przy próbie zmniejszenia kosztów rutynowej codziennego kontroli przez służby eksploatacyjne, należy zwrócić uwagę na jakość i typ wdrażanych rozwiązań układów telemetrycznych tak, aby nie generować dodatkowych kosztów związanych z wyjazdami celem usunięcia usterki toru transmisji danych. Zbyt częste usterki w torze pomiarowym, a w związku z tym częste wyjazdy pracowników Działu Pomiarów i Telemetrii, mogą zniweczyć oszczędności wynikające z zastosowania telemetrii w nawanianiu. Kluczowym aspektem w tym przypadku jest dobór modemów z możliwością zdalnego zarządzania, nienaganny montaż urządzeń elektronicznych oraz ich konfiguracja.

3. Zalecenia dotyczące optymalizacji procesów nawonienia

W tym rozdziale skupiono się na wskazaniu działań, jakie podjęto lub sugeruje się zrealizować, aby zoptymalizować proces nawonienia paliwa gazowego i skuteczniej przeciwdziałać błędom eksploatacyjnym. Większość wymienionych aspektów została zidentyfikowana podczas trwania programu badawczego, to podczas którego kładziono większy nacisk na rozpoznanie każdego nietypowego zachowania urządzeń.

3.1. Sugerowane działania w ramach poprawy funkcjonowania procesów dotyczących nawonienia

Aby poprawić funkcjonujące procesy, związane z nawonieniem paliwa gazowego oraz pomiarem stężenia THT w sieci gazowej, w czasie ostatnich miesięcy zasugerowano podjęcie następujących działań:

- Przeprowadzenie opisywanych w podrozdziale 3.2. testów reakcji sieci gazowej na zmianę poziomu wartości nawonienia. W tym celu można byłoby wykorzystać wytypowane sieci gazowe, na których precyzyjnie można zmienić dawkę nawonienia (nawanianie wtryskowe) a następnie mierzyć zmiany jej poziomu (jeśli to możliwe) analizatorami ANAT-M lub w innym przypadku urządzeniami ręcznej kontroli THT. Testy można byłoby przeprowadzić w okresie letnim i zimowym, co pozwoliłoby w szerszej perspektywie ocenić procesy związane z propagacją tetrahydrotiofenu w paliwie gazowym.
- Dla podniesienia bezpieczeństwa i niezawodności zasilania sterowników nawaniania w energię elektryczną postuluje się o coroczne wykonywanie testów czasu pracy nawaniania wtryskowej na zasilaniu bateryjnym, aby w miarę na bieżąco eliminować problemy związane z uszkodzonymi lub wyeksploatowanymi zasilaczami UPS. Testy takie mogłyby być wykonywane np.: miesiąc przed planowanym procesem przewonienia paliwa gazowego;
- Zaleca się regulację zaworów nawaniania Dosaodor-D na stacjach spoza programu badawczego, aby „Objętość właściwa wtrysku” (wyrażona w g/s), decydująca jak często wtryskiwacz będzie podawał nawaniacz była ustawiona nie na domyślne wartości rzędu 1,56 g/s, ale na wartości rzędu 0,50–0,80 g/s, co przełoży się na częstszą pracę wtryskiwacza, a co za tym idzie precyzyjniejsze nawanianie gazu ziemnego.
- Aby na bieżąco móc monitorować kluczowe nastawy przeliczników odpowiedzialne za współpracę z nawanianiami wtryskowymi, a co za tym idzie, aby móc za pomocą zdefiniowanych

w systemie SCADA zmiennych automatycznie generować alarm w przypadku rozbieżności krytycznych parametrów, konieczne jest monitorowanie i porównywanie niżej wymienionych parametrów z każdego przelicznika objętości:

- imp N,
- nas N,
- konf N

dostępnego na stacjach gazowych z nastawami sterownika nawaniania.

Pozwoliłoby to na bezzwłoczną reakcję pracowników w celu korekty błędnie wprowadzonych nastaw, np.: w wyniku pomyłki przy wymianie przelicznika. Konsekwencje źle dobranych nastaw urządzeń współpracujących zostały szeroko opisane w podrozdziale 2.9.

4. Podsumowanie

Realizacja programu badawczego, we współpracy z firmą Emerpol Sp. z o.o., okazała się doświadczeniem owocującym szeregiem przydatnych wniosków dotyczących eksploatacji nawaniania wtryskowego Dosaodor-D. Podczas trwania programu zidentyfikowano szereg problemów związanych zarówno z samym procesem nawonienia, jak i pomiarem stężenia THT w paliwie gazowym. Część tych problemów rozwiązano natychmiast, inne wymagały kilkumiesięcznych konsultacji z zewnętrznymi firmami, ale w konsekwencji podjęte przez PSG i Emerpol działania znacząco wpłynęły na zwiększenie bezpieczeństwa procesu nawaniania gazu ziemnego, jak również podniosły standard wykorzystania nowoczesnych urządzeń wtryskowych i pomiarowych dostępnych na terenie działania Polskiej Spółki Gazownictwa Oddział w Gdańsku.

Sam program badawczy realizowany przez PSG i Emerpol można uznać za sukces i ciekawe doświadczenie, na którym oba przedsiębiorstwa zyskały cenną wiedzę techniczną, opartą na praktycznych doświadczeniach branży gazowniczej.

LITERATURA

- [1] Bąkowski Konrad 2007 „Sieci i instalacje gazowe”. Stacje gazowe: 208–211.
- [2] Nagy Stanisław, Ropa E. Czesław 2014 „Vademecum Gazownika”. Podstawy gazownictwa ziemnego (Tom I): 589–601.
- [3] Tartarini, Emerpol 2009 „DOSAODOR-D REV.1 Nawaniania wtryskowa”. Wersja instrukcji 4.1.
- [4] Tartarini, „DOSAODOR-D Odorant injection system MODBUS-Protocol”. Wersja instrukcji 1.0.
- [5] Tartarini, Emerpol, „Oprogramowanie do zarządzania i programowania nawaniania wtryskowej Dosaodor-D”. Wersja instrukcji 0.0.

Artykuły publikowane w „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” są rejestrowane w bazie danych CrossRef. Każdemu artykulowi przyznawany jest numer identyfikacyjny DOI (*Digital Object Identifier*). Autorzy artykułów publikowanych w GWiTS są proszeni do stosowania numerów DOI w wykazach literatury, wszędzie tam gdzie jest to możliwe.