

440

BE 10

OŚRODEK POMIARÓW RUCHU I CZASU

Nazwa ONB/ZNB

Główny wykonawca mgr inż. Lech Nowakowski

Wykonawcy:

Badania wpływu czynników zewnętrznych na charakterystyki przetwarzania różnych typów czujników par alkoholu dla oceny możliwości ich zastosowania w przenośnych przyrządach testujących stan trzeźwości.

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

Zleceniodawca

PIAP

Gł. Wykonawca

Z-ca Dyr. ds. Bad. Rozwoj.

Kierownik Ośrodka

mgr inż. Lech Nowakowski

dr inż. Jan Jabkowski

mgr inż. Arkadiusz Cybulski

Pracę zakończono dnia

Nr arch. **7300**Nr zlecenia **S1511**

Analiza deskryptorowa

[Empty box for descriptor analysis]

Abstrakt

[Empty box for abstract]

Tytuły poprzednich sprawozdań

nie było

Rozdzielnik

Egz. 1. OIN

Egz. 2. ORC

Egz. 3.

S P I S T R E Ś C I

STRONA

1. Sprawy formalne.	-2-
1.1. Przedmiot pracy	-2-
1.2. Podstawa wykonania pracy.	-2-
2. Opis podstawowych prac.	-2-
2.1. Kryteria wyboru czujników.	-2-
2.2.1. Zasada działania półprzewodnikowych czujników gazu.	-2-
2.2.3. Opis konstrukcji oraz układu pracy czujnika typu SB-31.	-4-
2.3. Opis prac badawczych.	-6-
2.3.1. Badanie stabilności wskazania zerowego w funkcji czasu.	-7-
2.3.2. Badanie wpływu zmian temperatury na wartość wskazania zerowego.	-9-
2.3.3. Badanie czasu aktywacji czujnika po włączeniu zasilania i czasu powrotu do wartości zerowej po zadaniu stężenia.	-11-
2.3.4. Badanie powtarzalności napięcia wyjściowego dla różnych stężeń par alkoholu zawartych w wydychanym z płuc powietrzu.	-12-
2.4. Wnioski końcowe.	-14-

1. Sprawy formalne.

1.1. Przedmiot pracy.

Przedmiotem pracy było zbadanie przydatności dostępnych na rynku czujników par alkoholu do stosowania ich w przenośnych urządzeniach do kontroli stanu trzeźwości.

1.2. Podstawa wykonania pracy.

Praca wykonana została na podstawie zlecenia PIAP NR S 1511.

2. Opis podstawowych prac.

2.1. Kryteria wyboru czujników.

Sprawa doboru odpowiedniego do przewidywanej aplikacji czujnika i jego zakup stały się dość poważnym problemem w fazie wstępnej pracy.

Pomimo intensywnych poszukiwań udało się ustalić tylko jedną firmę, która oferuje tego typu czujniki na rynku europejskim.

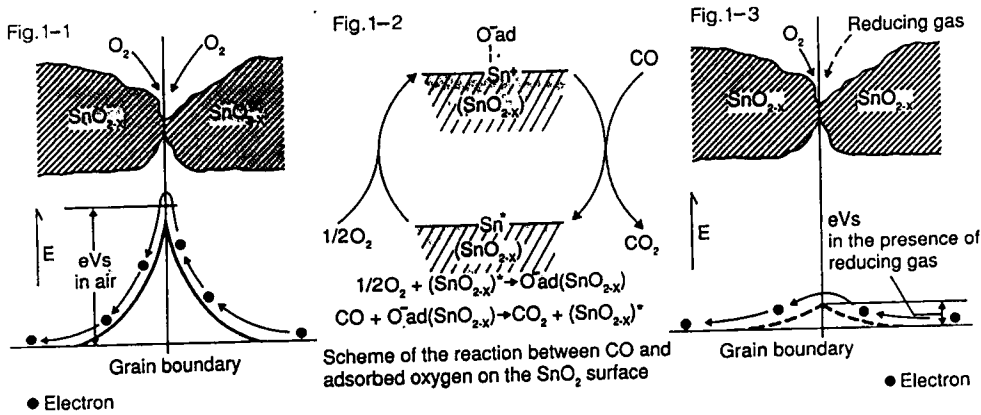
Jest to firma japońska FIGARO ENGINEERING INC. sprzedająca swe produkty za pośrednictwem firmy UNITRONIC GMBH z RFN.

FIGARO oferuje dość szeroką gamę półprzewodnikowych czujników do wykrywania gazów i par różnych substancji.

2.2.1. Zasada działania półprzewodnikowych czujników gazu.

Podstawowym elementem detekcyjnym czujnika jest warstwa spiekana tlenku SnO_2 . Wykrywanie obecności gazu następuje w wyniku zmiany konduktywności warstwy SnO_2 pod wpływem absorpcji gazu.

Kiedy czujnik podgrzewany jest do temperatury ok. 400°C bez obecności tlenu, wolne elektrony swobodnie przenikają pomiędzy granicami cząstek SnO_2 . W obecności powietrza, cząsteczki tlenu zawarte w powietrzu przechwytyują wolne elektrony zawarte w strukturze tlenku i są następnie absorbowane na powierzchni cząstek SnO_2 . W ten sposób na granicy cząstek SnO_2 tworzy się bariera potencjału ograniczająca przepływ elektronów, powodując wzrost rezystywności warstwy. Kiedy czujnik znajdzie się w atmosferze zawierającej gazy redukcyjne (np. CO, metan, pary etanolu itp.) na powierzchni SnO_2 zachodzi adsorpcja cząsteczek gazu i ich utlenianie. Powoduje to zmniejszenie bariery potencjału na granicy cząstek tlenku a tym samym zmniejszenie rezystancji warstwy detekcyjnej. Mechanizm działania przedstawiono na rys.1. na przykładzie detekcji tlenku węgla (CO).



Rys. 1. Mechanizm detekcji gazu w czujniku półprzewodnikowym.

Kształtowanie charakterystyki czujnika oraz jego czułości i selektywności na określone rodzaje gazów odbywa się przez odpowiedni dobór składu warstwy detekcyjnej.

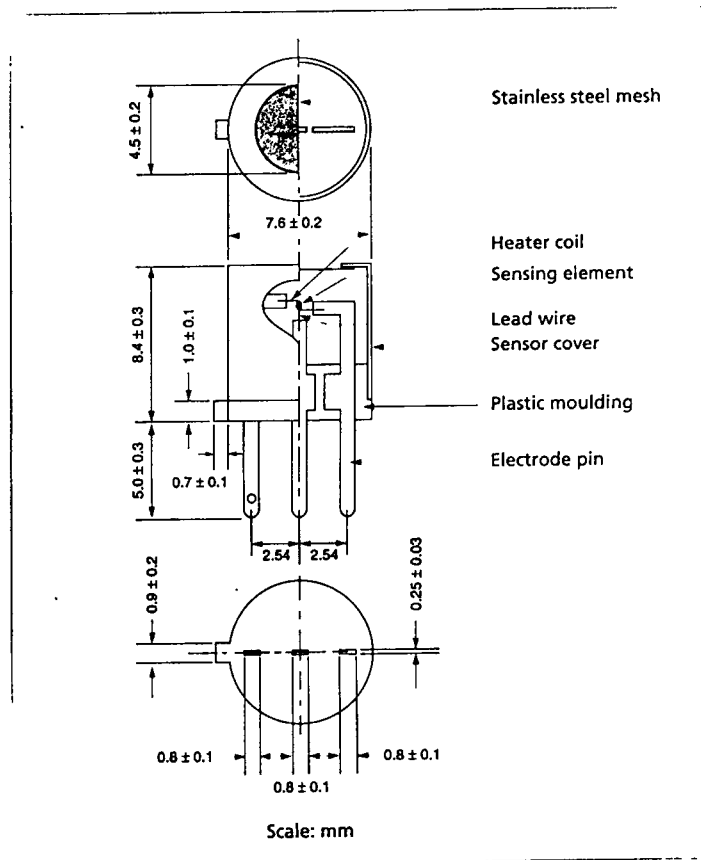
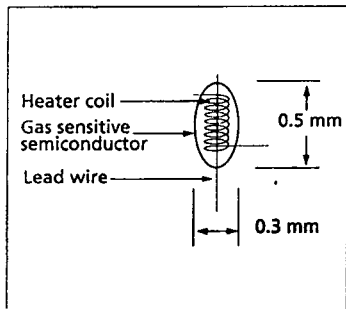
FIGARO oferuje trzy typy czujników rekomendując je jako szczególnie przydatne do detekcji par alkoholu. Są to czujniki TGS-822, SP-31 oraz SB-31. Jako najnowsze osiągnięcie przedstawiany jest czujnik typu SB-31. W porównaniu z pozostałymi czujnik ten wyróżnia się kilkakrotnie mniejszym poborem mocy (P_h) niezbędnej do zasilania spirali grzejnej. Dla porównania P_h (SB-31)=120 mW, P_h (SP-31)=320 mW, P_h (TGS-822)=660 mW. Parametr ten ma szczególnie istotne znaczenie przy stosowaniu czujnika w urządzeniach zasilanych bateryjnie.

Zgodnie z danymi katalogowymi czujnik typu SB-31 wyróżnia się także lepszą czułością i selektywnością. Producent gwarantuje jednocześnie lepszą dynamikę przetwarzania oraz wielokrotnie mniejszy czas aktywacji tego typu czujnika po ustaniu działania skażenia.

Uwzględniając wszystkie wymienione wyżej czynniki wybrano do badania, jako najbardziej przydatny do przewidywanego zastosowania czujnik typu SB-31.

2.2. Opis konstrukcji oraz układu pracy czujnika typu SB-31.

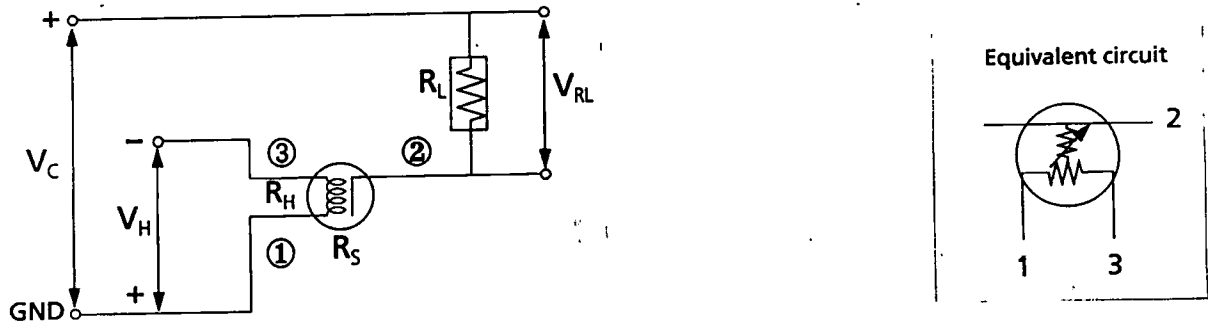
Na rys.2 przedstawiono budowę elementu detekcyjnego. Cewka grzałki (heater coil) jest osadzona w ukształtowanej w formie kropli warstwie półprzewodnikowej. Wyprowadzenia cewki oraz elektrody zasilającej wykonane są z drutu z metalu szlachetnego o średnicy 20 μm . Jedno z wyprowadzeń cewki stanowi jednocześnie ujemną elektrodę zasilającą warstwy detektora. Sposób umieszczenia elementu detekcyjnego w obudowie czujnika przedstawiono na rys.3 .



Rys.2. Konstrukcja elementu detektora. Rys.3. Budowa i wymiary czujnika

Zalecany przez producenta układ pracy czujnika przedstawiono na rys.4. W układzie można wyodrębnić dwie części. Jedna część obwodu związana jest z zasilaniem cewki elementu grzejnego napięciem V_H a druga dostarcza sygnał wyjściowy, który odwzorowuje zmianę rezystancji

szeregowej (R_S) czujnika. Miarą zmian rezystancji R_S jest zmiana spadku napięcia na rezystancji obciążenia (R_L) połączonej szeregowo z rezystancją czujnika.



Rys. 4. Zalecany układ zasilania czujnika oraz jego schemat zastępczy.

Dla przedstawionego układu, przy uwzględnieniu schematu zastępczego czujnika, wartość rezystancji R_S czujnika można przedstawić następującym równaniem:

$$R_S = \left[\frac{V_C + 0.5 \times V_H}{V_{R_L}} - 1 \right] \times R_L$$

Wartości napięć oprócz właściwej polaryzacji powinny spełniać następujące wymagania:

napięcie zasilania grzałki	$V_H = 900 \pm 50$ [mV]
napięcie elektrody czujnika	$V_C < 5$ [V]
moc rozpraszana na rezystancji R_S	$P_S < 10$ [mW]

Dla właściwej pracy czujnik wymaga ciągłego zasilania grzałki. W przypadku dłuższego przechowywania czujnika konieczna jest jego aktywacja polegająca na ciągłym zasilaniu przez okres 48 godzin. Poważny problem w realizacji pracy stanowił brak szczegółowych danych katalogowych czujnika. Dystrybutor pomimo zamówienia a następnie monitów nie dostarczył pełnych materiałów. Z konieczności oparto się więc na materiałach ogólnych dotyczących wszystkich czujników serii SB, do których zakwalifikowany jest czujnik typu SB-31.

2.3. Opis prac badawczych.

Zakupione czujniki poddano badaniom ,pozwalającym określić wpływ zmiany czynników zewnętrznych na ich podstawowe parametry.

Ze względu na brak możliwości dostępu do specjalistycznej aparatury badawczej ,a w szczególności komory do zadawania stężeń nie było możliwe zdjęcie dokładnych charakterystyk przetwarzania.

W ramach dostępnych środków badawczych wykonano szereg prób pozwalających z pewnym przybliżeniem określić podstawowe zależności, niezbędne do opracowania algorytmu działania przyrządu w którym planuje się wykorzystanie czujnika.

W ramach badań przeprowadzono następujące próby:

- badanie stabilności wskazania zerowego czujników w funkcji czasu
- badanie wpływu temperatury na wartość wskazania zerowego
- badanie czasu aktywacji czujnika po włączeniu zasilania i czasu powrotu do wartości zerowej po zadaniu skażenia
- badanie powtarzalności sygnału wyjściowego dla różnych stężeń par alkoholu zawartych w powietrzu wydychanym

Dla potrzeb pracy wykonano proste stanowisko umożliwiające jednoczesne sprawdzanie dwóch egzemplarzy czujników. W stanowisku wykorzystano zalecany w katalogu standardowy układ pomiarowy, którego schemat przedstawiono w poprzedniej części sprawozdania na rys. 4. (str. 5). Korzystając z podanych w katalogu dopuszczalnych zakresów napięć zasilania i rezystancji obciążenia wbrano następujące wartości:

- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| -napięcie zasilania grzałki | $V_H = 4.0 [V] \pm 1\%$ |
| -napięcie zasilania elektrody | $V_C = 900 [mV] \pm 1\%$ |
| -Rezystancja obciążenia | $R_L = 20 [k\Omega]$ |

Płytkę układu pomiarowego zamknięto w obudowie dla uniknięcia przypadkowych zmian warunków zewnętrznych. Wewnątrz obudowy, nad czujnikami umieszczono miniaturowy wentylator spełniający rolę mieszalnika powietrza, mający jednocześnie przyspieszyć wentylację tak skonstruowanej komory pomiarowej.

Przed rozpoczęciem pomiarów ,zgodnie z wymaganiami producenta czujniki poddano aktywacji wstępnej, polegającej na ich ciągłym zasilaniu przez okres 72 godzin.

2.3.1. Badanie stabilności wskazania zerowego w funkcji czasu.

Próbe przeprowadzono w temperaturze pokojowej, sprawdzając co kilkanaście minut wartość napięcia na rezystancji R_L . Czas trwania próby wynosił 10 godzin. Temperatura w czasie badania wynosiła $22^{\circ}\text{C} \pm 1$. W trakcie badania stwierdzono powolne pełzanie wskazania na wyjściach obu czujników w obu kierunkach ,w stosunku do wartości początkowej. Zmiany napięcia na wyjściach obu czujników miały charakter współbieżny, jednak powrotowi wskazania do wcześniej występującej wartości na jednym czujniku nie odpowiadał podobny powrót wskazania na drugim. Różnica wynosiła zwykle ok. 2-3%. Fakt ten wskazuje na występowanie histerezy. Zakres zmian napięcia na obu czujnikach, w stosunku do wartości początkowej osiągnął dość znaczne rozmiary: dla jednego czujnika wynosił od 1,724 do 2.254 [V], a dla drugiego od 1.785 do 2.315 [V]. Zmiana stanowi ok. 30% wartości początkowej. Wyniki badań zamieszczono w tabeli nr 1.

Tabela Nr 1. Charakterystyka zmian napięć wyjściowych czujników w czasie.

Lp.	Napięcie wyjściowe czujnik nr 1	Napięcie wyjściowe czujnik nr 2	Lp.	Napięcie wyjściowe czujnik nr 1	Napięcie wyjściowe czujnik nr 2
	[V]	[V]		[V]	[V]
1	1,724	1,785	16	2,100	2,170
2	1,755	1,825	17	2,200	2,266
3	1,790	1,870	18	2,085	2,170
4	1,818	1,903	19	2,005	2,070
5	1,901	1,995	20	1,901	1,972
6	1,899	1,991	21	1,823	1,900
7	1,818	1,892	22	1,900	1,970
8	1,760	1,834	23	2,005	2,083
9	1,700	1,863	24	2,100	2,163
10	1,818	1,891	25	2,200	2,263
11	1,899	1,981	26	2,254	2,315
12	1,901	1,983	27	2,155	2,223
13	1,960	2,043	28	2,100	2,151
14	1,990	2,077	29	2,005	2,072
15	2,005	2,086	30	1,944	2,011

2.3.2. Badanie wpływu zmian temperatury na wartość wskazania zerowego.

Badania przeprowadzono umieszczając stanowisko pomiarowe w programowanej komorze temperaturowej, zmieniając temperaturę w zakresie od 30°C do 50°C z krokiem co 5°C . Badania przeprowadzono w kilku cyklach z krokiem w kierunku rosnących a następnie malejących wartości. Jak wynika z uzyskanych pomiarów charakterystyki przetwarzania w istotny sposób zależne są od zmian temperatury. Z uwagi na obserwowany w trakcie badań i opisany w p.2.3.1. efekt pełzania wskazań w czasie, wyniki pomiarów nie są powtarzalne dla poszczególnych punktów pomiarowych, pozwalając jednak zauważyć rosnący charakter zmian napięć wyjściowych w funkcji temperatury. Brak powtarzalności wskazań uniemożliwia jednak sformułowanie wniosków co do metody kompensacji temperaturowej czujników.

Wyniki pomiarów zamieszczono w tabeli nr 2.

Tabela nr 2. Charakterystyka zmian napięć wyjściowych czujników w zależności od temperatury.

Temperatura	V_{RL1}	V_{RL2}
[°C]	[V]	[V]
21,5	1,930	2,010
30	2,006	2,073
35	2,049	2,122
40	2,120	2,187
45	2,205	2,261
50	2,300	2,355
45	2,305	2,360
40	2,250	2,307
35	2,170	2,230
30	2,130	2,175
35	2,151	2,208
40	2,197	2,266
45	2,263	2,309
50	2,305	2,348
45	2,221	2,261
40	2,166	2,227
35	2,087	2,171
30	2,017	2,099
22	1,901	1,977

2.3.3. Badanie czasu aktywacji czujnika po włączeniu zasilania i czasu powrotu do wartości zerowej po zadaniu stężenia.

Próbie przeprowadzono wyłączając i włączając zasilanie czujników w różnych odstępach czasu i pomiarze czasu po, którym wartości wskazań ustalały się na stabilną wartość.

Pierwszy etap próby przeprowadzono w "czystym" powietrzu. Czas ustalania wskazania po włączeniu zasilania zależał od długości przerwy w zasilaniu i wahał się od 30sek do. ok. 5 minut w przypadku pozostawienia czujnika w stanie wyłączonym przez kilka godzin.

Następną próbę przeprowadzono nadmuchując do wnętrza komory powietrze nasycone parami alkoholu. Po osiągnięciu stabilnego wskazania odpowiadającego stężeniu pary, badano czas powrotu wskazania do stabilnej wartości zerowej. Czasy powrotu uzyskiwane nawet przy intensywnym przewietrzaniu komory osiągały wartości w zakresie od 120 do 240 sekund. Tak długi czas ponownej aktywacji czujnika stwarza istotny problem w przypadku częstego powtarzania pomiarów.

Jednocześnie stwierdzono, że w większości przypadków nowa stabilna wartość początkowa napięcia różni się znacznie od poprzedniej. Różnica sięga nawet 10%.

2.3.4. Badanie powtarzalności napięcia wyjściowego dla różnych stężeń par alkoholu zawartych w powietrzu wydychanym z płuc.

Z uwagi na brak dostępu do specjalistycznej, badania przeprowadzono metodą autopsji, wykorzystując jako źródło odniesienia profesjonalny przyrząd firmy Dräger do badania zawartości alkoholu w wydychanym powietrzu. Badania przeprowadzono dla małych stężeń alkoholu mieszczących się w granicach od 0.2 do 1 ‰.

Dla każdej wartości stężenia uzyskanej w wyniku nadmuchiwanie alkotestu firmy Dräger, sprawdzano wartości napięć wyjściowych czujników uzyskanych w wyniku nadmuchiwanie komory stanowiska pomiarowego. Dla każdej wartości stężenia próby kilkakrotnie powtarzano. W trakcie próby stwierdzono, że nadmuchiwanie "czystego" powietrza powoduje zmianę napięć wyjściowych czujników. Bardzo poważne utrudnienie prób stanowił długi czas ponownej aktywacji czujnika, nawet przy stosowaniu intensywnego przewietrzania. Wyniki prób powtarzanych dla jednakowych stężeń różnią się bardzo znacznie między sobą. Po każdej aktywacji czujników występowała dość znaczna zmiana poziomu odniesienia (napięcia początkowego). Praktycznie niemożliwe jest wyznaczenie przyrostów napięć jakie następują dla określonego stężenia przy różnych poziomach napięć początkowych.

Wyniki prób zamieszczono w tabeli 3.

11

Tabela Nr 3. Charakterystyka zmiany napięć wyjściowych różnych stężeń par alkoholu.

Czujnik 1		Czujnik 2		Wartość stężenia par alkoholu
V_{KLO1} [V]	V_{RLK1} [V]	V_{KLO2} [V]	V_{RLK2} [V]	‰
1,830	3,371	1,915	3,501	0,2
1,850	3,710	1,931	3,751	
1,842	3,627	1,925	3,448	
1,860	3,580	1,940	3,709	0,5
1,862	3,815	1,938	3,834	
1,836	3,762	1,910	3,922	
1,833	3,791	1,915	4,107	1
1,844	3,909	1,918	3,838	
1,870	3,650	1,955	4,006	
1,802	3,101	1,930	3,417	0
1,844	3,208	1,970	3,301	
1,887	3,288	2,001	3,222	

2.4. Wnioski końcowe.

Na podstawie przeprowadzonych badań czujników typu SB-31 bardzo trudno jest określić algorytm działania wiarygodnego urządzenia do pomiaru stężeń par alkoholu w wydychanym powietrzu z zastosowaniem wymienionego czujnika. Zasadnicza trudność polega na niemożliwości ilościowej oceny wpływu poszczególnych czynników na podstawowe charakterystyki czujnika. Wyniki badań oprócz błędów związanych bezpośrednio z wadami czujnika obarczone są błędami wynikającymi z zastosowania uproszczonych metod pomiarowych. Brak dostępu do specjalistycznej aparatury badawczej, zapewniającej zadawanie i utrzymywanie w czasie trwania pomiarów stabilnych poziomów wszystkich zasadniczych czynników wpływających na wielkość mierzoną utrudnił uzyskanie w pełni wiarygodnych pomiarów i uniemożliwił rozszerzenie programu badań. Uzyskane wyniki dają jednak podstawę do oceny przydatności badanego czujnika do zastosowań w przenośnych urządzeniach do sprawdzania stanu trzeźwości.

Poważną wadę badanych czujników stanowi niestabilność początkowych napięć wyjściowych w funkcji czasu, nawet przy zachowaniu stałej temperatury otoczenia i ciśnienia atmosferycznego. Jeszcze większe zmiany tych napięć następują po każdorazowej aktywacji czujnika.

Narzuca to konieczność ciągłego próbkowania napięcia wyjściowego w przerwach pomiędzy pomiarami i korekcji poziomu odniesienia z jednoczesnym z uwzględnieniem temperatury otoczenia. Przy takim rozwiązaniu wymagana jest znajomość przyrostów napięć wyjściowych dla określonych stężeń par alkoholu w stosunku do różnych napięć odniesienia. Jak wynika z badań uzyskanie powtarzalnych wartości takich przyrostów dla tego typu czujnika nie jest praktycznie możliwe, nawet przy wykorzystaniu dokładnej aparatury badawczej.

Ostre wymagania jakie musi spełniać tester stosowany przez policję, szczególnie w zakresie mniejszych stężeń alkoholu, stanowiących wartości progowe stanu trzeźwości dotyczą przede wszystkim powtarzalności wskazań. Zastosowanie badanego czujnika, nie gwarantuje uzyskania powtarzalności, nawet przy zastosowaniu skomplikowanych

układów korekcyjnych. Dodatkowym utrudnieniem jest długi czas aktywacji czujnika, zależny od poziomu wcześniejszego skażenia (do kilku minut). Radykalne skrócenie tego czasu nie jest możliwe, nawet przy bardzo intensywnym przewietrzaniu czujnika.

Jak się wydaje czujnik może być przydatny do konstrukcji prostego testera wykrywającego jedynie obecność par alkoholu bez możliwości dokładnego określania poziomu zawartości. Ze względu na stosunkowo wysoki koszt czujnika przedsięwzięcie takie nie jest opłacalne.

Konstrukcja profesjonalnego miernika trzeźwości musi być oparta na elektrochemicznym czujniku gazów o gwarantowanych przez producenta charakterystykach przetwarzania. Firma Figaro nie oferuje tego typu czujników przeznaczonych do oznaczania zawartości par alkoholu.

W przypadku znalezienia producenta takich czujników możliwa będzie konstrukcja profesjonalnego testera pod warunkiem zapewnienia dostępu do specjalistycznej aparatury badawczej.