

074

A

OŚRODEK MECHATRONIKI OME

Nazwa ONB/ZNB

Główny wykonawca

doc.dr inż. Tadeusz Gałązka

Wykonawcy:

Tadeusz Gałązka, Andrzej Staszewski.....

Koncepcja rozwiązań nowych generacji stacji nawaniania o większej skuteczności ostrzegania o ulatnianiu się gazu ziemnego. Analiza i badania poznawcze.

Etap 2. Wstępne badania poznawcze zachowania się materiałów termooporowych pod względem możliwości wykorzystania dla nawaniania gazu.

Etap 3. Wykonanie układu wytwarzającego pary cieczy modelowej nawaniacza.

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

Zleceniodawca

Komitet Badań Naukowych

Kierownik Ośrodka Mechatroniki

mgr inż. Maciej Oleksiuk

ZASTĘPCA DYREKTORA  
d/s Badań i Rozwojowych

dr inż. Jan Jabtkowski

Pracę zakończono dnia 9.05.1997r.

Nr arch. 7428

Nr zlecenia S1672

## Analiza deskryptorowa

Nawanianie gazu ziemnego

## Abstrakt

Praca obejmowała badania poznawcze przebiegu procesu odparowywania odpowiednika nawaniacza do gazu przepływającego rurociągiem. Badano odparowywanie z emiterów o różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych wykonanych z materiałów termooporowych przy wymuszeniach temperaturowych i zmianą strumienia objętości opływającego emiter.

## Tytuły poprzednich sprawozdań

Opracowanie kryteriów i dobór materiałów termooporowych pod kątem użyteczności do odparowywania cieczy przyjętej za odpowiednik nawaniacza.

PIAP, nr archiwalny 7349.

## Rozdzielnik

Egz. 1. .... OIN

Egz. 2. .... OME

Egz. 3. .... OME

## Spis treści

	strona
1. Podstawa opracowania .....	3
2. Przedmiot opracowania .....	3
3. Wprowadzenie .....	4
4. Pomiar stężenia nawaniacza w gazie .....	4
5. Wstępne badania poznawcze .....	5
6. Układy wytwarzające pary cieczy modelowej nawaniacza .....	6
7. Zbiorcze ujęcie wyników prac realizowanych w etapie 2 i 3 ...	7

### Załącznik Nr 1

- Badania laboratoryjne skuteczności odparowania cieczy modelowej dla wybranych materiałów oraz możliwości zastosowania ich do procesu nawaniania gazu ziemnego.

## 1. Podstawa opracowania

Formalną podstawą opracowania stanowi karta otwarcia zlecenia S1672 pt. „Koncepcja rozwiązań nowych generacji stacji nawaniania o większej skuteczności ostrzegania o ulatnianiu się gazu ziemnego”.

### Analiza i badania poznawcze.

Rozpatrywane są dwa etapy podanej powyżej pracy.

Etap 2. pt. „Wstępne badania poznawcze zachowania się materiałów termooporowych pod względem możliwości wykorzystania dla nawaniania gazu”.

Etap 3. pt. „Wykonanie układu wytwarzającego pary cieczy modelowej nawaniacza”.

Praca finansowana jest z środków statutowych przyznanych przez Komitet Badań Naukowych Przemysłowemu Instytutowi Automatyki i Pomiarów.

## 2. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania są badania poznawcze mające na celu opanowanie nowych mechanizmów dla bardziej skutecznego nawaniania gazu ziemnego. Koncepcja zastosowania nowych mechanizmów bazuje na odejściu i/lub zmianie dotychczas wykorzystywanych rozwiązań technicznych dla nawaniania gazu ziemnego.

Dotychczas stosowane rozwiązania analizował autor niniejszego sprawozdania w opracowaniach:

- \* Analiza stosowanych rozwiązań urządzeń nawaniających i możliwości modernizacji wanych w Mazowieckim Okręgu Gazownictwa - MOZG  
Nr rejestracyjny 7107 w PIAP. Zleceniodawca MOZG,
- \* Analiza możliwości opracowania zautomatyzowanego urządzenia nawaniającego w oparciu o krajowe elementy i zespoły,  
Nr rejestracyjny 7146 w PIAP. Zleceniodawca MOZG,
- \* Opracowanie, wykonanie i uruchomienie (laboratoryjne) impulsowego urządzenia dla małych stacji nawaniania.  
Nr archiwalny 7239 w PIAP. Zleceniodawca MOZG.  
Podane analizy doprowadziły do stworzenia podstawowych narzędzi badawczych co zrealizowano w:
- \* Opracowaniu, wykonaniu i uruchomieniu pierwszego poziomu rozwiązania stanowiska do badań modelowych urządzeń nawaniających opisanego w sprawozdaniu Nr archiwalny 7318 w PIAP Zleceniodawca MOZG przy partycypowaniu PIAP.

### 3. Wprowadzenie

W wyszczególnionych w punkcie 2 analizach podano różnorodne rozwiązania do prowadzenia nawaniacza do gazociągu. Uznano, że na etapie wstępnych badań sposób podawania nawaniacza zostanie zrealizowany analogicznie jak dla impulsowych urządzeń małych stacji nawaniania lub podobnie jak dla układu miernika minimalnych przepływów urządzeń nawaniających firmy Lewa.

W obu podanych przypadkach zasilanie nawaniaczem wprowadzone jest w sposób wymuszony (pod ciśnieniem) przy otwarciu lub odcięciu przez trójdrogowy zawór elektromagnetyczny przewodów zasilających. Cykl pracy zadawany jest ilością impulsów strumienia objętości zliczanych na wyjściu gazomierza.

Praktyczne rozwiązanie powinno być ściśle dobrane do emitera zamieniającego stan nawaniacza z ciekłego na jego pary w atmosferze przepływającego gazociągiem gazu. W badaniach wstępnych wprowadzanie nawaniacza realizowano poprzez wstrzykiwanie ściśle określonych dawek do lub na emiter mierząc czas zadawania wprowadzenia dawki.

W wyniku dyskusji z podwykonawcami z Politechniki Warszawskiej oraz Uniwersytetu Warszawskiego przyjęto, że badania wstępne obejmować będą poznanie podstawowych mechanizmów odparowywania i pomiarów stężenia nawaniacza w gazie.

Pomiar i zarejestrowanie stężenia nawaniacza jest złożonym procesem limitującym dokumentowanie przebiegu nawaniania. Opanowanie tego procesu uznano za pierwszoplanowe. Okazało się, że jego praktyczne rozwiązanie wymagało wielokrotnie większych nakładów czasu i środków niż to przewidywano pierwotnie.

Natomiast poznanie mechanizmów przy tym występujących oparto na wizualizacji przebiegu odparowywania w zależności od rozwiązania emitera i sposobu wymuszania zmian intensywności odparowywania nawaniacza z emitera.

### 4. Pomiar stężenia nawaniacza w gazie

W rzeczywistych warunkach osiągnięcie właściwego stopnia nawonienia gazu ustalone jest w sposób znormalizowany.

Obligatoryjnie obowiązujące w gazownictwie unormowania przyjmują, że powinien być zapewniony stopień zapachu leżący w przedziale pomiędzy 2 i 3 stopniu zapachu odnoszącym do 5 stopniowej skali zapachu ustalonej dla pirydyny.

Badania statystyczne wykazały, że w przedziale pomiędzy 2 i 3 stopniem największą ilość przeciętnie zdrowych użytkowników wyczuwa charakterystyczny zapach środka nawaniającego w bezwonnym gazie ziemnym.

Cały zaś krajowy system ostrzegawczy o ulatnianiu (wyciekach) gazu przyjmuje, że obok rutynowych sprawdzeń szczelności domowych instalacji gazowych będzie wykrywany przez użytkowników.

Uwzględniając zmniejszenie intensywności zapachu wraz z obniżeniem temperatury zakłada się, że pożądany stopień zapachu mieszczący się w podanym powyżej przedziale osiąga się przy doprowadzeniu w postaci gazowej od 15 mg do 30 mg nawaniacza na 1 Nm<sup>3</sup> gazu ziemnego. Jako udokumentowanie nawonienia gazu zazwyczaj uznaje się w kraju, że przeciętnie powinno być dostarczone 20 mg nawaniacza na 1 Nm<sup>3</sup> gazu ziemnego. W okresowo prowadzonych przewonieniach zwiększenie intensywności zapachu poza podany przedział realizowane jest przez zwiększenie przeciętnie 2 - 3 krotnie dawki nawaniacza dochodzącej nawet do 5 krotnego przewyższenia.

Istniejące bardzo drogie mierniki stężenia nawaniacza w gazie powinny podane powyżej wartości ilości miligramów nawaniacza na 1 Nm<sup>3</sup> w gazie mierzyć.

Zastosowany do pomiaru stężenia (odpowiednika) nawaniacza alkometr w wykonaniu normalnym posiada wyprowadzenie na cyfrowy miernik pozwalający odczytać wartości w promilach alkoholu w pomiarze od 0,01 ‰ do 6‰. Po przeliczeniu promili nawaniacza, gdzie: 1‰ odpowiada 260 ppm a 1 ppm = 0,47 mg/litr, otrzymuje się dla 0,01‰ wartość 1,23812 g/Nm<sup>3</sup>. Natomiast możliwości czujnika alkometru pozwalają mierzyć stężenie o co najmniej 5 rzędów wielkości mniejsze a więc wartości rzeczywiście występujące przy nawonieniu.

Okazało się, że obok znalezienia wyjścia analogowego z czujnika alkometru, wzmocnienia sygnału wyjściowego, największym problemem była sprawa stabilności zera. Po konsultacjach z producentem alkometru oraz metodą kolejnych eliminacji wpływu takich parametrów jak oddziaływanie zmian temperatury otoczenia, zmiany strumienia objętości, zmian ciśnienia i różnicy ciśnień w układzie pomiaru nawonionego gazu przez alkometr stwierdzono, że podstawowe znaczenie ma stabilizacja temperatury czujnika alkometru. Powinna być ona utrzymana w zakresie wyższym od realizowanego układem termostatycznym alkometru. Ponadto niezbędnym okazała się właściwa izolacja termiczna całego układu pomiaru i wymienianie doprowadzanego do niego nawonionego gazu.

Rozwiązanie wymienionych najważniejszych problemów przy pomiarze ilości nawaniacza w gazie pozwoliło na rejestrację przebiegu procesu nawonienia. Na wykresach 1 i 2 pokazano charakterystyczne przebiegi procesu nawonienia.

##### 5. Wstępne badania poznawcze

Poszukiwano takiej metody badań w oparciu o którą można wyznaczać skuteczność nawonienia gazu i dokonywać porównania dla różnych materiałów i rozwiązań emiterów.

Trudności związane z opanowaniem pomiaru stężenia nawaniacza w gazie przyczyniły się do poszukiwań innych sposobów poznania skuteczności nawonienia.

Posłużono się metodą wizualizacji dla poznania przebiegu procesu nawonienia.

Metoda ta potwierdziła trafność koncepcji zastosowania materiałów porowatych.

Skuteczność odparowywania zarówno zintensyfikowaną doprowadzeniem ciepła jak i odparowywania wymuszonego opływem strumienia objętości gazu rośnie wraz z wzrostem ilości doprowadzanej energii jak i wartości strumienia objętości. Jest ona nawet 2 - 3 razy intensywniejsza dla materiałów porowatych niż dla powierzchni gładkich.

Wystarcza przy tym by warstwa powierzchniowa była chropowata. Istotna jest przy tym chropowatość ostra a nie rozmyta czy falująca.

Natomiast chropowatość wynikająca z porowatości całej objętości emitera pozwala na większą kumulację nawaniacza w emiterze a więc umożliwia bardziej skuteczne sterowanie intensywnością nawaniania przy zmianach doprowadzania energii cieplnej w sposób ciągły.

#### 6. Układy wytwarzające pary cieczy modelowej nawaniacza

Badano dwa rodzaje układów odporowujących ciecz modelową do gazu.

1. Układ oparty na zmianach szybkości odbioru (porywania) cząstek mgły nad powierzchnią nawaniacza.
2. Układ intensyfikujący wytwarzanie pary nawaniacza poprzez zmiany temperatury.

W obu rozwiązaniach niezbędne było wytworzenie elementów z taką nawilżaną powierzchnią, przy której powstawały możliwie duże ilości pary nawaniacza.

Wiadomym jest, że zwiększenie nawilżonej powierzchni ma duże znaczenie na zwiększenie ilości pary. Realizacja jednak praktyczna następcza duże trudności. Wynika to z ograniczeń rozmiarów powierzchni przekroju jaką można umieścić w gazociągu o ściśle określonym przekroju i możliwości nawilżenia całej powierzchni dla odparowywania w sposób równomierny.

W związku z powyższym w badaniach wstępnych wprowadzono następujące rozwiązania układów wytwarzających pary cieczy modelowej nawaniacza

- płyt z możliwością zmiany ich kąta pochylenia w stosunku do wektorów strumieni napływającego na nią gazu. Badano dwa przypadki:

- \* płyta gładka
- \* płyta chropowata.

Ze względu na ograniczenia wynikające z wartości przekroju gazociągu nie badano wpływu zmian wielkości powierzchni płyty ograniczając się do płyty kwadratowej o pow. 25 cm<sup>2</sup>,

- elementów porowatych w postaci walca, które w rozwinięciu na powierzchnię płyty chropowatej) dawały zwielokrotnienie powierzchni odparowującej,
- elementu w postaci stożka ukierunkowanego ostrzem w kierunku napływającej strugi gazu.

Wymuszanie zmian intensywności odparowywania poprzez zmiany temperatury.

Zmiany temperatury wprowadzono poprzez zmiany ilości doprowadzanej do grzania energii do materiału termooporowego. Zadawanie energii realizowano ze specjalnie dobranego zasilacza o regulowanych parametrach wyjściowych - prąd i napięcie.

Rozwiązanie intensyfikujące odparowywanie zrealizowano w sposób uniwersalny dla elementów z których odparowuje ciecz. Ponieważ badania prowadzono na stanowisku i gazociągu w PIAP razem z podwykonawcami szczegóły opisanych rozwiązań ujęto w załączniku Nr 1.

Przyjęto, że grzejnikiem jest materiał termooporowy.

Rozwiązanie grzejnika jest proste w przypadku jednolitych porowatych elementów termooporowych. Nastręcza natomiast znaczne trudności dla rozwiązań elementów o kształtowanej lub zmiennej powierzchni ze względu na problemy i koszt kształtowania elementów porowatych.

Konsultacje ze specjalistami od nowych generacji materiałów i ich obróbki oraz doświadczenia całego zespołu realizującego temat doprowadziły do przyjęcia następujących rozwiązań.

Jednolite elementy porowate termooporowe zazwyczaj o kształcie walcowym wykonywane będą przez ich dostawcę.

Natomiast dla innych rozwiązań metodą plazmową nanoszona zostanie warstwa grzejna z materiału termooporowego porowatego na rdzeń o dobranym kształcie. W tym przypadku sposoby zmian temperatury nagrzewania odpowiadają układom stosowanym do utrzymania temperatury w pomieszczeniach, specjalnych komorach termostatycznych itp.

## 7. Zbiorne ujęcie wyników prac realizowanych w etapie 2 i 3.

Podstawowym zadaniem prac objętych etapem 2 i 3 zlecenia S1672 była komplekcja i modernizacja zestawów pomiarowo badawczych dla przeprowadzenia badań procesu nawaniania.

Udokumentowaniem realizacji tego zadania jest osiągnięcie w badaniach wstępnych mierzalnych wyników.



Osiągnięcie takiego stanu umożliwia dopiero w badaniach poznawczych procesu nawaniania sprawdzenie koncepcji możliwości rozwiązań nowych generacji stacji nawaniania.

Sam proces doprowadzenia do przyjętego jako fundamentu w badaniach poznawczych odtworzenia i prowadzenia w sposób powtarzalny badanego procesu nawaniania w symulowanych warunkach jest zamierzonym osiągnięciem.

Efekt podbudowuje fakt, że symulowane warunki odpowiadają rzeczywiście występującym w przedziale zmian parametrów przy nawanianiu.

Omówione w niniejszym sprawozdaniu i załączniku rozwiązania oraz dokonane sprawdzenia w badaniach wstępnych unaocznily w skali makro wpływ głównych parametrów decydujących o takim a nie innym charakterze przebiegu procesu nawaniania.

Obserwacja wizualna przebiegu odparowywania i pomiary wykazały występowanie poniżej podanych współzależności.

1. Rozwiązanie emitera dla wytwarzania pary nawaniacza powinno zapewnić możliwie równomierne i stałe nawilżenie powierzchni odparowującej. Realizacja tego zadania przebiega niewłaściwie dla emiterów o powierzchni gładkiej i o takim usytuowaniu, które sprzyjają oderwania się nawilżającej cieczy od powierzchni lub jej spiętrzeniu. Wraz z narastaniem spiętrzenia maleje ilość cieczy, która odparowuje. Tym samym maleje intensywność nawaniania.
2. Czynnikiem decydującym o powstaniu niewłaściwego przebiegu procesu jest gładkość powierzchni. Powierzchnie szorskie skutecznie temu przeciwdziałają.
3. Strumień objętości gazu opływającego emiter nie powinien przekroczyć wartości krytycznych, przy których następuje oderwanie warstwy przyściennej cieczy nawilżającej
4. Skuteczniejsze odparowywanie w stosunku do emiterów o stałej powierzchni usytuowanej zgodnie z kierunkiem przepływu gazu uzyskano dla przyrastającej powierzchni wzdłuż kierunku przepływu.
5. Emitery porowate w całej jego objętości spełniają dwie funkcje emitera dla odparowania powierzchniowego i elementu inicjującego przejście z fazy ciekłej w gazową. Powoduje to stabilność przebiegu odparowywania i pozwala na utrzymanie zbliżonego stałego stopnia nawonienia w sposób ciągły (patrz wykres 1).

6. Stabilność procesu odparowywania jest lepsza przy doprowadzaniu nawaniacza do wewnątrz emitera porowatego w całej jego objętości przy takim wydatku by utrzymać w sposób ciągły jednolite zwilżenie powierzchni.

7. Zmiany temperatury emitera są istotne z dwóch powodów:

7.1. - przeciwdziałają oddawaniu ciepła własnego emitera z nawaniaczem.

Bez dodawania energii cieplnej zaobserwowano, że w procesie nawaniania występuje obniżenie temperatury nawaniacza i zbiornika w takim stopniu, że pojawia się jego oszronienie.

7.2. - intensyfikują odparowywanie nawaniacza zwiększając skuteczność nawiania.

Wraz z obniżaniem temperatury maleje ilość odparowywanej ilości nawaniacza. Obniżenie temperatury zachodziło przy stałych i zmiennych parametrach opływu, parametrach konstrukcyjnych emitera i doprowadzanej ilości nawaniacza utrzymującej takie same nawilżenie powierzchni odparowującej.

Utrzymywanie stałej temperatury emitera szczególnie przy utrzymaniu stałego ciśnienia i strumienia objętości pozwalało na osiągnięcie stabilnego stężenia nawaniacza w gazie.

Wzrost temperatury pozwalał osiągać przyrost stężenia nawaniacza w gazie.

8. Doprowadzenie powierzchniowe nawaniacza na nagrany emiter powoduje gwałtowne zwiększenie intensywności odparowania połączone z obniżeniem temperatury emitera, aż do temperatury równowagi pomiędzy energią cieplną doprowadzaną i oddaną. Ilustruje to między innymi wykres 2.

# Nykres Nr 1

stężenie nawałności w gazie

mg/Nm<sup>3</sup>

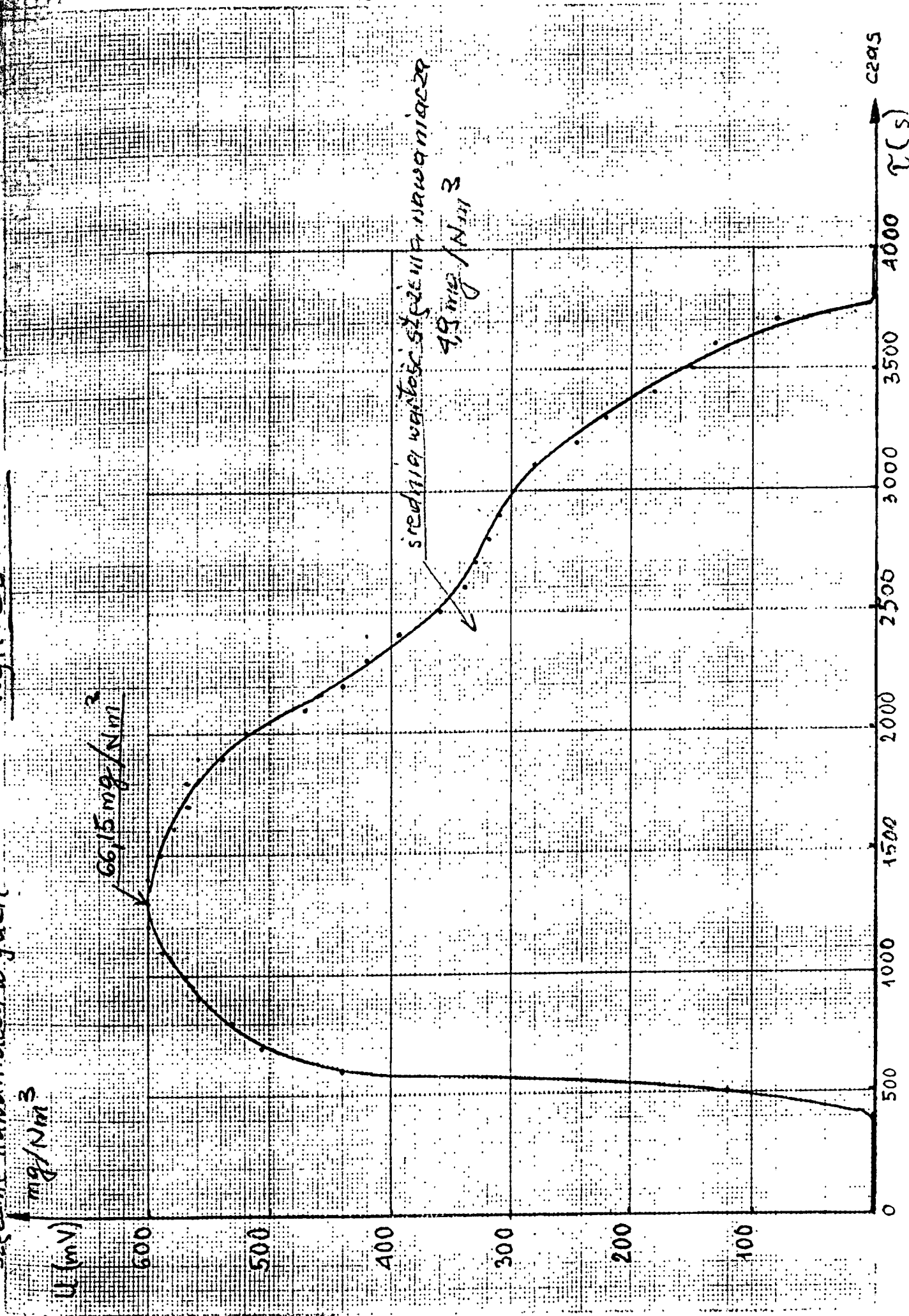
U (mV)

66,15 mg/Nm<sup>3</sup>

średnia wartość stężenia nawałności  
49 mg/Nm<sup>3</sup>

22915

τ (s)



M