ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1983

Seria : AUTOMATYKA z.69 Nr kol.768

Janusz MROCZKA
Instytut Metrologii Elektrycznej
Politechniki Wrocławskiej

WYBRANE ZAGADNIENIA POMIARU MĘTNOŚCI WODY

Streszczenie.

W pracy określono przyczyny niejednoznaczności wskazań mętnościomierzy oraz podstawowe wielkości i zjawiska fizyczne występujące w pomiarze mętności. Przedstawiono również przykład eliminacji niejednoznaczności wskazań nefelometrów poprzez wprowadzenie dodatkowego pomiaru średniej wielkości cząstek fazy rozproszonej.

Ważny z punktu widzenia systemu wodnego proces samoczyszczenia, występujący w wodach powierzchniowych, polegający na biochemicznym przekształcaniu związków organicznych /w dużym stopniu pochodzących ze ścieków/ w związki prostsze, nieorganiczne, przy współudziale mikroorganizmów kosztem pobieranego z wody i powietrza tlenu, zależny jest od wielu czynników. Jednym z nich jest obecność w wodzie różnorodnych zawiesin powodujących mętność. W wodach mętnych utrudnione przenikanie tlenu powoduje obumieranie bakterii tlenowych i przyczynia się do szybkiego rozwoju bakterii gnilnych. Proces gnilny, a szczególnie niektóre jego produkty /siarkowodów/, redukują znaczne ilości tlenu zawartego w wodzie, potęgując tym samym stopień jej zanieczyszczenia.

Rozkład związków organicznych związany jest z poborem dużych ilości tlenu zawartego w wodzie, dlatego dobre funkcjonowanie naturalnych źródeł dostarczających jej tlen jest niezbędne. Jednym z takich źródeł jest proces fotosyntezy, odbywający się w obecności światła, od intensywności którego zależy jego sprawność. Wody mętne mają mniejszą fotosyntetycznie aktywną strefę, co w ujemny sposób wpływa na proces samoczyszczenia.

Produkcję urządzeń do pomiaru mętności na skalę przemysłową rozpoczęto kilkanaście lat temu. Urządzenia te budowane są w oparciu o różne zasady, wśród których wymienić należy: pomiar światła rozproszonego przez badane medium pod wybranym kątem w stosunku do wiązki światła padającego /zasada nefelometru/ lub pomiar światła transmitowanego przez badane medium /zasada turbidymetru/.

Z przeglądu oferowanych przez producentów różnych urządzeń do pomiaru mętności wody wynika, że przeważająca większość /którą orientacyjnie można ocenić na 90 %/ pracuje w oparciu o zasadę nefelometru. Zasadę działa-

nia różnych rozwiązań tych urządzeń przedstawia literatura [1],[2],[3],[4],[5],[6],[7],[9],[11],[12],[14].

Istotnym problemem w pomiarze mętności jest niejednoznaczność otrzymywanych wyników. Przy zachowaniu jednej geometrii czujnika w urządzeniach do pomiaru mętności problem niejednoznaczności praktycznie byłby wyeliminowany. Nie jest to jednak możliwe, gdyż pomiar mętności wykorzystywany jest do różnych celów jak i przeprowadzany w różnych warunkach, gdzie przyjęta jedna geometria czujnika nie zawsze może być zastosowana. Przykładem jest tutaj pomiar mętności przeprowadzany "in situ", gdzie konstrukcja naczynia pomiarowego,realizująca zasadę wolno przelewającej się cieczy /"swobodnego lustra cieczy"/[2],[6],w danym urządzeniu pomiarowym eliminuje ważny problem,jakim jest zanieczyszczanie naczynia pomiarowego przez różnorodne substancje osadzające się na jego ściankach.

Problem niejednoznaczności wskazań utrudnia zastosowanie urządzeń do pomiaru mętności w systemach monitoringu środowiska wodnego, gdzie wymagane są rzetelne informacje z różnych stacji pomiarowych. Od tego zależy bowiem prawidłowość i trafność opracowywanych programów, planów i prognoz, dotyczących ochrony i kształtowania środowiska, a w konsekwencji skuteczność i efektywność zastosowanych środków technicznych i przedsięwzięć.

Bezpośrednią przyczyną niejednoznaczności wskazań mętnościomierzy jest brak jednoznacznej definicji wielkości,jaką jest mętność, jak również odpowiedniej jednostki.

Literatura [10],[15],[18],[19] podaje szereg definicji mętności wywodzących się bądź to z przyjętej metody pomiarowej,jak również z użytej do kalibracji zawiesiny. Ta poliferacja definicji,jak podaje McCluney [10], spowodowana jest różnymi wymaganiami wielu dyscyplin nauki wykorzystujących pomiar mętności.

Obecnie stosowane jednostki mętności są przedmiotem wielu dyskusji. Podstawą tych dyskusji jest fakt, że otrzymane wyniki z pomiarów różnymi metodami,a wyrażone w tych samych jednostkach,nie mogą być bezpośrednio porównywane, co demonstruje poniższy przykład [19].

Przykład:

"Standardowa zawiesina ziemi Fullera zmierzona przyrządem Jacksona dała wynik 20 JTU. Taki sam wynik otrzymano z pomiaru wykalibrowanym nefelometrem /θ=90°/ w jednostkach JTU. Druga zawiesina standardowa /formazyna/ odpowiednio rozcieńczona dostarcza wynik w przyrządzie Jacksona 20 JTU, natomiast w nefelometrze wynik różniący się o 50 JTU".

W praktyce używane są różne jednostki mętności, które mogą być usystematyzowane w cztery grupy:

a/ Jednostka Jacksona /JTU - Jackson Turbidity Unit/.

Oparta jest ona na wysokości słupa cieczy w mętnościomierzu Jacksona, przy której następuje zanik obrazu palącej się standardowej świecy obserwowanej pionowo w dół przez badaną próbkę. Wprowadzone elektro-optyczne przyrządy do pomiaru mętności zastąpiły mętnościomierz Jacksona. Mimo to wiele z nich kalibrowanych jest w jednostkach JTU,chociaż

metoda pomiaru jest inna.

b/ Jednostka Zeissa.

Jak podaje literatura [19], jest ona miarą całkowitego strumienia światła rozproszonego przez badane medium. Jeżeli stosunek całkowitego strumienia światła rozproszonego do strumienia wiązki padającej na badane medium jest równy jedności, to mętność jest równa jednej jednostce Zeissa.

c/ Ekstynkcja jako jednostka mętności.

Przy pomiarach ekstynkcji mierzy się osłabienie wiązki światła po przejściu przez badaną próbkę. Wartość ekstynkcji jednocentymetrowej warstwy roztworu wzorcowego używanego w pomiarze mętności jest jej jednostką.

d/ Standardowa zawiesina jako jednostka mętności.

Pomiar mętności z wykorzystaniem standardów dokonywany jest przez porównanie efektów świetlnych badanej zawiesiny ze standardem. W zależności od zastosowanej standardowej zawiesiny jak i urządzenia, którym porównanie jest dokonywane, wprowadzono odpowiednią jednostkę. Stosowanymi zawiesinami standardowymi są:

- zawiesina standardowa ziemi Fullera, otrzymywana przez zmieszanie 5 g ziemi Fullera z 1 l wody destylowanej, a następnie po 24 godz. odsączenie wierzchniej frakcji w ilości 500 ml. Mętność tak otrzymanej zawiesiny wynosi 5.0 JTU;
- zawiesina standardowa Kaolinitu 4 - charakterystyczna glinka produkowana przez American Petroleum Institute;
- zawiesina standardowa krzemionki, stosowana jest w krajach Europy, w tym również i w Polsce;
- zawiesina standardowa Kaolin Edgara, produkt z glinki z Florydy;
- zawiesina standardowa formazyny, którą w 1926 r. otrzymał Kingsbury i Clark. Jej zaletą jest to, że można ją wykonać z łatwo dostępnych odczynników z dobrą odtwarzalnością rozkładu wielkości cząstek /±1%/ [18]. Jest ona obecnie najbardziej rozpowszechnionym standardem.

Otrzymuje się ją według następującej receptury [18]:

5 g hydrazyny /N_2H_4 H_2SO_4/ rozpuszcza się w 400 ml wody destylowanej przepuszczonej wcześniej przez filtr membranowy o wielkości porów $<0,45$ µm. Następnie 50 g hexometylotetraminy rozpuszcza się w 400 ml przygotowanej jak wyżej wody destylowanej. Tak przygotowane roztwory miesza się ze sobą, dolewając wody destylowanej do 1000 ml, a następnie pozostawia się na 48 godz. w temperaturze 20° - 22^oC.

Tak przygotowana zawiesina ma mętność 4000 FTU /Formazin Turbidity Unit/. W zależności od ilości rozcieńczonej zawiesiny jak i urządzenia, którym dokonywany jest pomiar, istnieje szereg jednostek, z których obecnie najczęściej używanymi są:

NTU - nefelometryczna jednostka mętności
JTU - jednostka mętności Jacksona
FTU - formazynowa jednostka mętności
FNT - formazynowa nefelometryczna jednostka mętności
- zawiesina standardowa na bazie $BaSO_4$, używana w Stanach Zjednoczonych przy produkcji napojów.

Mętność tej zawiesiny wyrażona jest w jednostkach HU /Helm Unit/.

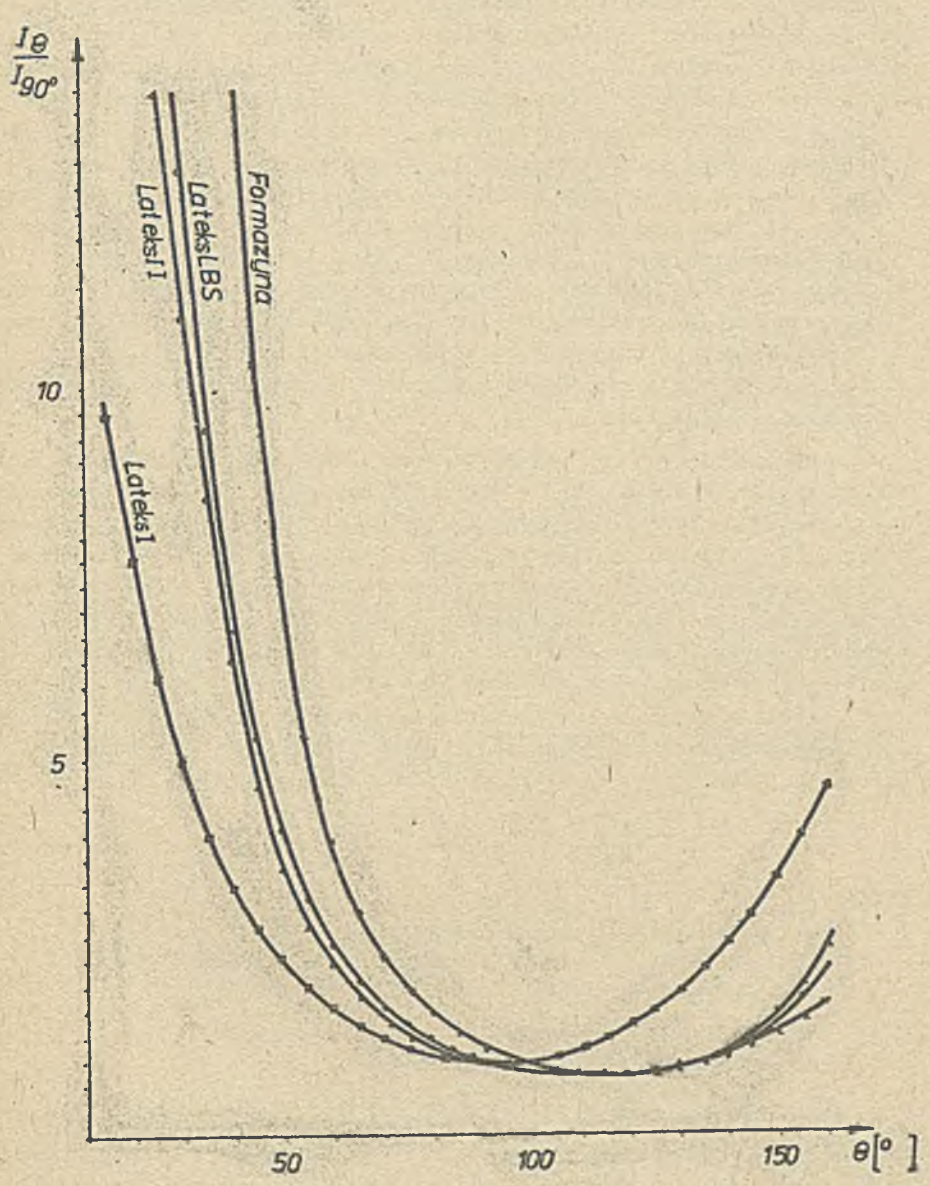
Pomiary mętności z ich szeroką skalą zastosowania stały się coraz bardziej interesujące z naukowego jak i technicznego punktu widzenia [17]. Mętność zarówno w pozytywnym, jak i w negatywnym znaczeniu jest wielkością odgrywającą istotną rolę w systemie wodno-gospodarczym. Pomiar mętności wykorzystywany jest przy:
- przygotowywaniu wody pitnej, produkcji napojów, żywności, leków itp.;
- określeniu fotosyntetycznie aktywnej strefy akwenów, mających bezpośredni wpływ na produktywność fotoplanktonu i dynamizm ekosystemu;
- określeniu koncentracji materiału zawiesinowego.

Ze względu na istniejący problem niejednoznaczności wskazań istnieje potrzeba metrologicznej analizy metod pomiaru mętności. Z punktu widzenia metrologii mętność jest cechą obiektu, która nie należy do klasy wielkości fizycznych i można w sposób ilościowy do badania tej cechy podejść przez poszukanie takich cech związanych z mętnością, które są mierzalne. Problem ten sprowadza się do zagadnienia określenia takich właściwości urządzenia pomiarowego, za pomocą którego można wykrywać stany cechy mierzonej, jaką jest mętność, poprzez stany innych cech łącznych określanych poprzez znane zależności teoretyczne [13].

Ten sposób podejścia przedstawia prezentowany tu sposób pomiaru. Wprowadzony dodatkowy pomiar wielkości cząstek fazy rozproszonej dokonywany w tym samym układzie czujnika co i pomiar mętności w oparciu o standardową zawiesinę formazynową w układzie nefelometru pozwala uzyskać dodatkowe informacje o właściwościach fizycznych badanych roztworów koloidalnych. Znajomość tych informacji pozwala na wprowadzenie współczynników, które umożliwiają porównanie wskazania urządzeń do pomiaru mętności o różnej, ale znanej geometrii czujnika.
Różne zawiesiny mają odmienne diagramy światła rozproszonego /indykatrysy/, które to zależą od wielkości cząstek fazy rozproszonej, ich współczynnika refrakcji jak i właściwości fizycznych ośrodka dyspersyjnego. Przedstawione na rys. 1. diagramy światła rozproszonego dla różnych roztworów pokazują, że ich kształt jest charakterystyczny dla poszczególnych rodzajów zawiesin. Ten fakt jest główną przyczyną istniejących różnic pomiędzy wskazaniami mętnościomierzy o odmiennej geometrii czujnika.

Praktyczne zastosowanie skomplikowanej interpretacji matematycznej zjawisk w optyce koloidów nastręcza wiele trudności, a często wręcz niemożliwe jest bez wyprowadzania licznych założeń [8].

Rozproszenie światła zachodzi w ośrodkach optycznie niejednorodnych. Przez ośrodek optycznie niejednorodny rozumiany jest ośrodek, którego



Rys. 1. Indykatrysy światła rozproszonego dla wybranych roztworów o mętności 1000 NTU

wskaźnik refrakcji nie jest jednakowy we wszystkich punktach ośrodka, lecz ulega zmianie, np. na skutek fluktacji gęstości lub obecności w ośrodku niewielkich cząstek innej substancji. W niniejszej pracy rozważania dotyczą rozproszenia na małych cząstkach zawieszonych w ośrodku ciekłym, nazywanym zjawiskiem Tyndalla. Stąd przyjęto następujące założenia:

1. Ośrodek dyspersyjny i faza rozproszenia są jednorodne, izotropowe.
2. Długość fali światła rozproszonego jest taka sama jak i światła padającego. Znaczy to, że rozproszenie ramanowskie światła, polegające na występowaniu w widmie światła rozproszonego innych długości fal niż fala padająca, nie ma tutaj miejsca. Wyklucza to również występowanie zjawiska fluorescencji, opalescencji itp.
3. Rozproszenie światła występuje na pojedynczych cząstkach /stanowiących tzw. centra rozproszenia/, znajdujących się w odległości od siebie odpowiadającej kilkakrotnej wielokrotności długości fali.
4. Kształt cząstek fazy rozproszonej jest kulisty, a ich wielkość porównywalna z długością fali.

Dla tak przyjętych założeń zjawisko wielokrotnego rozproszenia jest do pominięcia. Występuje ono w przypadku roztworów o dużym stężeniu fazy rozproszonej /odległość pomiędzy cząstkami porównywalna z długością fali/. Cząstki są wówczas oświetlone nie tylko bezpośrednio przez zewnętrzne źródło światła, lecz również przez światło rozproszone przez inne cząstki. W wyniku tych wzajemnych oddziaływań rozproszenie wypadkowe jest słabsze niżby można się było spodziewać na podstawie prostej addytywności. Jeżeli wielkość cząstek fazy rozproszonej jest dużo razy mniejsza od długości fali światła użytego do badań, wówczas traktowane są one jako punktowe dipole znajdujące się w jednorodnym polu elektrycznym fali padającej. Matematyczny opis tego zjawiska podaje prawo Rayleigh'a

$$I_\Theta = I_o \frac{8\pi^4 a^6}{r^2 \lambda^4} \left(\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}\right)^2 \left(1+\cos^2\Theta\right), \qquad /1/$$

gdzie:

I_o - światłość światła padającego,
I_Θ - światłość światła rozproszonego pod kątem Θ,
a - promień cząstki,
N - ilość cząstek,
λ - długość fali światła,
n - względny wskaźnik refrakcji,
r - odległość detektora promieniowania od badanego medium.

Gdy wielkość cząstek jest porównywalna z długością fali światła monochromatycznego użytego w eksperymencie, to rozproszenie przez jedną część cząstki może być niezgodne w fazie ze światłem rozproszonym przez inną jej część.

Jest ono wtedy superpozycją elementarnych fal z różnych punktów cząstki. Różnice faz są małe dla małych kątów rozproszenia i wzrastają wraz ze wzrostem kąta. Stąd wraz ze wzrostem wielkości cząstek światło rozpro-

szone jest bardziej skierowane do przodu.
Ilościowy opis efektów interferencyjnych występujących w obrębie jednej cząstki podaje współczynnik

$$P(\Theta) = \left[\frac{3}{u^3}\left(\sin u - u\cos u\right)\right]^2, \qquad /2/$$

przez który należy pomnożyć zależność /1/, gdzie

$$u = \frac{2\pi a}{\lambda}\sin\frac{\Theta}{2} = \frac{z}{2}\sin\frac{\Theta}{2} \qquad /3/$$

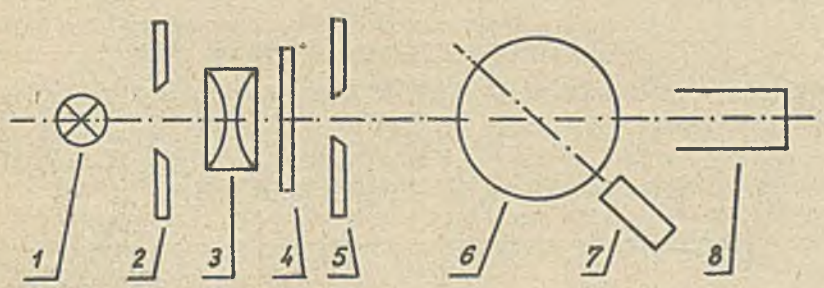
Dla przypadku, kiedy wielkość cząstek jest dużo razy większa od długości fali światła, opis tego zjawiska podaje teoria Lorenza-Mie, będąca ogólną teorią rozproszenia światła przez cząstki.

Do wyznaczania wielkości cząstek w prezentowanym tu przykładzie przyjęto zależność opisującą światłość światła rozproszonego dla cząstek porównywalnych z długością fali światła. Pozwala to na przyjęcie prostej z punktu widzenia realizacji technicznej struktury układu pomiarowego. Wyznaczenie wielkości cząstek polega na pomiarze ilorazu dwóch wartości światłości pod dwoma kątami Θ_1 i Θ_2, a następnie na porównaniu otrzymanej wartości z wartością obliczoną z zależności

$$M(z) = \frac{I_{\Theta_1}}{I_{\Theta_2}} = \frac{\left(1+\cos^2\Theta_1\right)\left[u_2^3\left(\sin u_1 - u_1\cos u_1\right)\right]^2}{\left(1+\cos^2\Theta_2\right)\left[u_1^3\left(\sin u_2 - u_2\cos u_2\right)\right]^2} \qquad /4/$$

dla przyjętych apriori wartości z. Wykorzystywany jest przedział zmiennej z, dla której wartość M(z) rośnie monotonicznie do pierwszego maksimum. Przedział zmiennej z jest tym większy, im wartości kątów Θ_1 i Θ_2 są mniejsze [15].

Pomiar mętności oraz wielkości cząstek omawiany w artykule dokonywany jest skonstruowanym przez autora układem /rys. 2/



Rys. 2. Układ pomiarowy metody nefelometrycznej
1 - źródło światła; 2 - przesłona; 3 - kondensor; 4 - filtr barwny; 5 - przesłona; 6 - naczynie pomiarowe; 7 - detektor pomiarowy; 8 - pułapka świetlna.

Podstawową częścią układu jest czujnik pomiarowy zawierający fotodiodę PIN oraz przetwornik prąd-napięcie. Fotodioda umieszczona jest w obudowie przymocowanej do ramienia, które obraca się względem osi pokrywającej się z osią symetrii naczynia pomiarowego. Oś symetrii detektora w czasie obrotu jest prostopadła do osi symetrii naczynia pomiarowego i znajduje się na tej samej wysokości co oś optyczna układu [15]. Za pomocą tego układu jak również przygotowanych roztworów dokonano pomiaru mętności, a następnie pomiaru tych wielkości, na podstawie których w myśl zależności /4/ wyznaczono wielkość cząstek fazy rozproszonej. Przy przygotowaniu roztworów wzorcowych posługiwano się mętnościomierzem firmy Hach Turbidimeter 2100 A, przyjmując go za wzorcowy.
Do badań wybrano roztwory formazyny i lateksu. Poprzez kolejne rozcieńczenia roztworu podstawowego otrzymano roztwory o mętności 1000, 750, 500, 250, 125, 100 NTU. Tak przygotowane roztwory zmierzono mętnościomierzem 2100 A, a następnie za ich pomocą dokonano skalowania skonstruowanego urządzenia. Podstawowy roztwór lateksu o mętności 1000 NTU sporządzono poprzez rozcieńczenie zawiesiny Lateksu LBS w wodzie, wykorzystując mętnościomierz 2100 A, a następnie roztwory o mętności 750, 500, 250, 125, 100 NTU. Zawiesiny lateksów o określonej wielkości cząstek /Lateks I - 0,1 μm Lateks II 1 μm/, o mętności 1000 NTU przygotowano wyżej opisanym sposobem. Otrzymane wyniki przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Badany roztwór	Lateks LBS						Lateks I	Lateks II
Wskazania mętnościomierza 2100 A NTU	1000	750	500	250	125	100	1000	1000
Wskazania skonstruowanego urządzenia NTU	966	733	487	241	120	104	960	946

Pomiar mętności zaprojektowanym urządzeniem dokonywany był dla kąta $\Theta = 90^{o}$
Zmieniając geometrię czujnika $\Theta = 45^{o}$ dokonano skalowania urządzenia za pomocą wzorca formazynowego, a następnie dokonano pomiaru pozostałych roztworów. Otrzymane wyniki przedstawia tabela 2.

Tabela 2

Badany roztwór	Lateks LBS						Lateks I	Lateks II
Wskazania mętnościomierza 2100 A NTU	1000	750	500	250	125	100	1000	1000
Wskazania skonstruowanego urządzenia NTU	390	354	253	130	-	-	227	353

W tej grupie pomiarów występują duże różnice wskazań, mimo że urządzenie było skalowane tym samym wzorcem formazynowym. Przyczyny tego zjawiska wyjaśniają indykatrysy przedstawione na rys. 1. Znajomość wielkości cząstek pozwala wprowadzić współczynniki, przy pomocy których można porównywać wskazania mętnościomierzy o różnej, ale znanej geometrii czujnika. Przykładowe wartości współczynników dla dwóch geometrii czujnika $\Theta = 90^{o}$, $\Theta = 45^{o}$ i wyznaczonych wartości wielkości cząstek badanych roztworów przedstawia tabela 3.

Tabela 3

Wielkość cząstek µm	Wskazania dla $\Theta = 90^{o}$ NTU	Wskazania dla $\Theta = 45^{o}$ NTU	Współczynnik wskazania $\Theta = 90^{o}$ / wskazania $\Theta = 45^{o}$
0,1 Lateks I	1000	227	4.40
1,0 Lateks II	1000	353	2.83
1,5 Formazyna	1000	390	2.56

Błąd pomiaru wielkości cząstek prezentowanym tutaj sposobem jest mniejszy od 24 % [15].

Wnioski

Podstawą pomiarów w systemie wodno-gospodarczym jest ilościowa znajomość zachodzących w nim zjawisk i procesów. Dlatego też aparatura pomiarowa i możliwość przeprowadzenia pomiaru ma duże znaczenie w sprawnym jego funkcjonowaniu. Niejednoznaczność wyników w pomiarze mętności jest przyczyną wielu dyskusji o celowości jego stosowania. Z przedstawionych tutaj rozważań wynika, że istnieją realne przesłanki eliminacji problemu niejednoznaczności mętnościomierzy. W przedstawionym tutaj sposobie eliminacji, niejednoznaczności wskazań szczególną uwagę zwrócono na pomiar indykatrysy, będącej cechą mierzalną występującą w pomiarze mętności. Stąd też wydaje się celowe wprowadzenie w miejsce pomiaru mętności metodą nefelometryczną pomiaru objętościowej funkcji rozproszenia, będącej rzeczywistą właściwością optyczną wody [13]. Pomiar tej wielkości jest znany i terminologia zaakceptowana. Istnieje obecnie wielu zwolenników tego poglądu, czego przykładem są między innymi wnioski i zalecenia sporządzone przez National Oceanic and Atmospheric Administration / National Oceanographic Instrumentation Center [16].

LITERATURA

[1] Black A.P., Hannah S.A.: Measurement of Low Turbidities, JAWWA, Vol 57, 1965, No 7.

[2] Continuous Flow "Surface Scatter" 5 Turbidimeter, Bulletin 15625-28D, Hach Chemical Company 1975.

[3] Falling Stream Turbidimeter Model 1292, Bulletin 1292-5ED, Hach Chemical Company 1976.
[4] Flüssigkeitsanalysegeräte, Katalog MP11, Teil 2, Simens, Anderung, October 1977.
[5] Hach C.C., Introduction to Turbidity Measurement, Hach Chemical Company 1974.
[6] Hach C.C., Principles of "Surface Scatter" light scattering, nephelometry, Hach Chemical Company 1971.
[7] Katalog firmy Metrimpeks. Budapeszt, WRL 1977.
[8] Kerker M., The Scattering of Light and Other Electromagnetic Radiation, Academic Press, New York 1969.
[9] Laboratory Turbidimeter Model 2100 A, Bulletin 2100A-8ED, Hach Chemical Company, 1975.
[10] Mc Cluney W.R., Radiometry of Water Turbidity Measurements, JWPCF, Vol 47, 1975, No 2.
[11] Model 303T Suspended Solids Monitor, Bulletin 600, Anacon, INC.
[12] Mroczka J.; Fizyczne aspekty pomiaru mętności wody w świetle potrzeb ochrony środowiska. Komunikat Nr 252, Politechnika Wrocławska 1978.
[13] Mroczka J.; Metrological Aspects of Turbidity Measurement in Water Monitoring System IMEKO 9th WORLD CONGRESS 24-28 May 1982 Berlin /West/ Vol V/V pp. 219-228.
[14] Mroczka J.; Sposób i układ pomiaru mętności cieczy. Patent tymczasowy 122943.
[15] Mroczka J.; Zagadnienie pomiaru mętności wody oraz wielkości cząstek roztworów koloidalnych za pomocą światła rozproszonego. Praca doktorska.Instytut Metrologii Elektrycznej Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1979.
[16] NOAA/NOIC Turbidity Workshop, May 6-8, 1974 Conclusions and Recommendations.
[17] Sigrist W.; An Assesment of the Latest Discoveries in the Measurement of Turbidity, Special Reprint from "VOM WASSER" Ed 1975, Verlag Chemie, GmbH, Weinheim/Bergstr.
[18] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 13Ed. American Public Health Assn. New York 1971.
[19] Turbidity Units, Sigrist - Photometer 1976.

SELECTED PROBLEMS OF WATER TURBIDITY MEASUREMENTS

Summary:

In the paper the reasons of diversity of readings shown by different turbidimeters as well as the basic physical properties and phenomena occurring in turbidity measurements are discussed. Also the method for the elimination of the diversity of readings of nephelometers by means of the additional measurement of the average particle size of the dispersed phase is presented here.

ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ ИЗМЕРЕНИЯ МУТНОСТИ ВОДЫ

Резюме:

В работе определены причины неоднозначности показаний мутномеров, а также основные величины и физические явления, встречаемые в измерении мутности. Приведён также пример элиминирования неоднозначности показаний нефеломеров посредством введения дополнительного измерения средней величины частиц дисперсной фазы.