

*dur*  
e 26  
Biblioteka Wydziału  
ZAKŁADU CHEMII FIZYCZNEJ  
UNIWERSYTETU WARSZAWSKIEGO

Inw. Nr \_\_\_\_\_

# PRZEMYSŁ CHEMICZNY

CZASOPISMO POŚWIĘCONE SPRAWOM POLSKIEGO PRZEMYSŁU  
CHEMICZNEGO, WYDAWANE STARANIEM INSTYTUTU BADAŃ  
NAUKOWYCH I TECHNICZNYCH „METAN“ WE LWOWIE

POD REDAKCJĄ

PROF. DRA KAZIMIERZA KLINGA

ROCZNIK IV.

ZA ROK 1920

L W Ó W

NAKŁADEM „METANU“ SP. Z O. O. WE LWOWIE UL. LEONA SAPIEHY 3

1920

# PRZEMYSŁ CHEMICZNY

MIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM POLSKIEGO PRZEMYSŁU  
CHEMICZNEGO, WYDAWANY STARANIEM INSTYTUTU BADAŃ  
NAUKOWYCH I TECHNICZNYCH „METAN“ WE LWOWIE

---

NR. 1.

LWÓW, STYCZEŃ 1920.

ROCZNIK IV.

---

REDAKTOR: PROF. DR KAZIMIERZ KLING

---

TREŚĆ: Nr. 1: Od Redakcji, str. 1. — Prof. I. Mościcki i Prof. Dr. K. Kling: O nowych metodach technicznych rozdziału emulsyj wodno-olejowych, str. 2. — Dr. Inż. Walenty Dominik: Manometry różnicowe, str. 8. — Nekrolog Zdzisława Kamińskiego, str. 16.

---

## OD REDAKCJI.

Ze szczupłego początkowo zakresu działalności naszego instytutu badawczego, obracającej się około zagadnień z dziedziny przemysłu gazu ziemnego, przechodziliśmy podczas trzyletniego okresu pracy — siłą faktów — na tematy pokrewne, początkowo ogólnie naftowe, następnie dotyczące się przeróbki węgla kamiennego i produktów ubocznych, i wreszcie coraz ogólniejsze, choć już znacznie odbiegające od naftowo gazowych. Braliśmy na stół badawczy te tematy, które dyktowała ich aktualność i możliwość rozwiązania w danych warunkach pracy. Chcąc też dać wyraz temu naturalnemu rozwojowi instytucji, postanowiliśmy z rokiem bieżącym przystosować do rozszerzonego zakresu działalności również i organ instytutu, zmieniając tytuł pisma na „Przemysł chemiczny“.

Mamy nadzieję, że wobec korzystnych horoskopów dla budzącego się u nas przemysłu chemicznego, będzie ono nie tylko widomym znakiem naszej instytucji, ale da możliwość i szerszym kołom naukowych i technicznych pracowników zabrania głosu w aktualnych sprawach polskiego przemysłu. Przemysł jednak

naftowy, jeden z najpoważniejszych w naszym kraju uwzględnić będziemy nadal w jak najszerzej mierze, tak w pracach instytutu jak w artykułach niniejszego pisma, które uważać należy za organiczną ciągłość „Metanu“.

Lwów, w styczniu 1920 r.

---

PROF. I. MOŚCICKI I PROF. DR. K. KLING

## O NOWYCH METODACH TECHNICZNYCH ROZDZIAŁU EMULSYJ WODNO-OLEJOWYCH.

### Wstęp i treść artykułu.

Już poprzednio podano<sup>1)</sup> krótką wzmiankę o opracowaniu nowej metody rozdzielania emulsyj olejowych i o jej zastosowaniu na większą skalę fabryczną w zagłębiu borysławskim do przeróbki obficie tam występującej naturalnej emulsji ropnej t. z. „kału ropnego“.

Treścią niniejszego artykułu będzie bliższe omówienie wspomnianej metody, jej zalet i wad, oraz doniesienie o dalszych jej ulepszeniach.

### Trwałe emulsje.

Zanim przejdzie się do krytycznego rozpatrzenia samych metod, warto parę słów poświęcić zjawisku tworzenia się trwałych emulsyj.

Emulsję dwóch nierozpuszczalnych w sobie cieczy możemy uważać jako mieszaninę niejednorodną z obu cieczy, z których przynajmniej jedna znajduje się w stanie daleko posuniętego rozpylenia (dyspersji).

Najważniejszymi czynnikami trwałości emulsyj, jest stopień dyspersji i lepkość składników, gdyż od obu tych czynników zależy napięcie powierzchniowe oddzielnych rozpylonych cząstek kształtu kulistego.

To właśnie napięcie powierzchniowe przeciwdziała bezpośrednio zlewaniu się oddzielnych kuleczek, uniemożliwiając samorzutne rozdzielanie się obu faz pod wpływem różnic gęstości.

### Zmniejszanie się napięcia powierzch- niowego podsta- wą nowych metod.

Nasze metody rozdzielania trwałych emulsyj korzystają z faktu, że w wyższych temperaturach zmniejsza się napięcie powierzchniowe cieczy. A ponieważ zmniejszenie się napięcia powierzchniowego takich olejów jak olejów ropnych w stopniu wystarczającym do rozdzielania ich trwałych emulsyj

---

<sup>1)</sup> „Metan“ I. 1917. str. 121. i nast.

wodnych następuje dopiero w temperaturach wyższych niż  $100^{\circ}C$ , przeto stosujemy nadwyżkę ciśnienia, chcąc przez ogrzanie umożliwić rozdzielanie się obu faz: olejowej i wodnej.

**Aparatura metody perjodycznej.** Dotychczas wprowadzone na większą skalę fabryczną urządzenia techniczne do rozdzielania naszą metodą <sup>1)</sup> naturalnej emulsji ropnej, składają się w zasadzie z kotła, zamkniętego hermetycznie, opatrzonego manometrem, ogrzewanego czyto gazami spalenia, czyto zapomocą pary w sposób bezpośredni lub pośredni.

Odpowiednia armatura, składająca się z rurociągów zasilających i odpustowych dopełnia urządzenia.

**Postępowanie przy stosowaniu metody perjodycznej.** Proces rozdzielania odbywa się tutaj w sposób perjodyczny. Napełnia się kocioł do przewidzianej wysokości i nagrzewa jego zawartość do temperatury  $120^{\circ}$ — $140^{\circ}C$ , zależnie od jakości emulsji, przyczem ciśnienie wywołane sumą prężności obu faz podnosi się do wysokości 2—6 atmosfer. W tym stanie podniesionej temperatury utrzymuje się zawartość kotła przez 2—4 godzin, zależnie od rodzaju emulsji, co zazwyczaj w zupełności wystarcza do kompletnego rozdzielania emulsji na fazę olejową i wodną.

Nieodzownym warunkiem należytego rozdzielania się obu faz jest jak-największa szczelność kotła i jego armatury, a zwłaszcza tej części, która styka się z fazą parową. Gdyby bowiem para mogła wydostawać się, wywołany skutkiem tego ubytek ciśnienia powodowałby wrzenie dolnej fazy wodnej, a temsamem szkodliwe krążenia w cieczach.

Przy opróżnianiu kotła należy uważać, aby przez nieodpowiednie operowanie wentylami nie spowodować spadku ciśnienia w kotle poniżej prężności par fazy wodnej, a skutkiem tego aby nie wywołać jej wrzenia i tworzenia się na nowo emulsji. Aby uniknąć tych szkodliwych zaburzeń można przed opróżnieniem kotła ochłodzić fazę wodną poniżej  $100^{\circ}C$ , albo też cały proces opróżniania przeprowadzać przy sztucznie wytworzonej nadwyżce ciśnienia.

Tyle o metodzie już poprzednio opublikowanej.

**Metoda ciągła.** Obecnie przechodzimy do sprawozdania z poczynionych ulepszeń, mających na celu wykonywanie procesu rozdzielania emulsyj wodno-olejowych nie perjodycznie, ale sposobem ciągłym, przez co oszczędza się czas, pracę i energię cieplną, a zarazem uzyskuje się lepiej aparaty, służące do wykonywania tej metody.

**Postępowanie przy stosowaniu metody ciągłej. Aparatura.** Istota nowej metody <sup>2)</sup> polega na tem, że poddaną przeróbce emulsję olejową przetłacza się pod ciśnieniem w sposób ciągły przez system podgrzewaczy do większego, najodpowiedniej pionowo ustawionego zbiornika, izolowanego nale-

<sup>1)</sup> Zgłoszoną do ochrony patentowej. <sup>2)</sup> Zgłoszona do ochrony patentowej.

zycie od strat ciepła. W tym zbiorniku emulsja, już poprzednio podgrzana, podnosi się zwolna ku górze. Przekrój i wysokość zbiornika są tak dobrane, że cząstki przepływającej przezeń emulsji muszą pozostawać parę godzin (2—4) w podwyższonej temperaturze, wystarczającej do rozdzielenia faz. Podczas tego powolnego wznoszenia się cieczy w zbiorniku zachodzi rozdział obu składników tak, że w górze zbiornika już zupełnie odwodniona faza olejowa wypływa automatycznym wentylem ciśnieniowym, a faza wodna, zbierająca się u dołu odpływa wentylem dolnym.

W czasie trwania procesu zawartość zbiornika, pozostającego w ciągłym choć powolnym ruchu, składa się z następujących warstw: w dolnych częściach zbiornika znajduje się faza wodna, ponad nią warstwa emulsji o coraz to mniejszej ku górze zawartości wody, podczas gdy w górnej części zbiornika znajduje się olej czysty i odwodniony.

Jak widzimy z tego obrazu w zbiorniku używanym w tej metodzie brak jest zupełnie fazy parowej w odróżnieniu od metody perjodycznej. Osiąga się to nastawiając automatyczny wentyl odpływowy dla fazy olejowej na ciśnienie wyższe aniżeli suma prężności obu faz ciekłych. Skutkiem takiego urządzenia wyklucza się z góry możliwość wrzenia cieczy, a tem samem zapewnia się pożądaną dla procesu rozdzielania się spokój w zbiorniku.

Aby nie dopuścić do zaburzeń, powodowanych niepożądanem krążeniem cieczy pod wpływem różnic temperatury, wewnątrz zbiornika zaopatrzone jest w odpowiednie blaszane przegrody, zmuszające cząsteczki cieczy do przebywania dłuższej drogi. Podczas gdy górny wentyl w miarę włączania pompą emulsji przepuszcza automatycznie oczyszczony i gorący olej, utrzymując ciśnienie w zbiorniku na stałym poziomie, wentyl dolny tak się nastawia ręcznie<sup>1)</sup> i od czasu do czasu reguluje, aby oddzielona faza wodna utrzymywała pewien przepisany poziom w zbiorniku. Rzecz prosta, że stosunek ilościowy obu faz, wodnej i olejowej nie jest stały i zmienia się z rodzajem emulsji.

**Regeneracja energii cieplnej.** Możliwość prowadzenia procesu w sposób ciągły pozwala regenerować dużą część energii cieplnej, użytej do podgrzania emulsji. Jeden z podgrzewaczy emulsji może być użyty jako chłodnica dla gorącej fazy wodnej, drugi dla fazy olejowej, tak że w trzecim podgrzewaczu zasilanym parą wodną pod ciśnieniem trzeba doprowadzić już stosunkowo tylko niewiele świeżej energii cieplnej.

**Korzyści nowej metody.** Już z tego ogólnego opisu widzimy, jak wiele zalet wykazuje system ciągły w porównaniu do perjodycznego, a więc dużą oszczędność energii cieplnej, większą wydajność aparatury i większe zautomatyzowanie ruchu pro-

<sup>1)</sup> Oczywiście, że i tutaj można zastosować wentyl regulowany automatycznie, korzystając z różnicy gęstości obu faz. Jednak nie chcąc komplikować mechanizmu urządzenia nie wprowadzamy na razie wentyla automatycznego.

cesu przy zupełnym zabezpieczeniu oleju od jakichkolwiek strat jego lotniejszych części.

**Projekt urządzenia** Załączony rysunek <sup>1)</sup> (str. 6) przedstawia jeden z przy-  
**wedle nowej me-** kładów zastosowania praktycznego omawianej ostatnio me-  
**tody.** tody i odnosi się do projektu przeróbki emulsji ropnej sposobem ciągłym o sprawności 25.000 litrów emulsji na dobę.

Emulsję tłoczy się zapomocą pompy bliźniaczej *A* o sprawności *ca* 18 litrów na minutę, zaopatrzonej w powietrzną wyrównywującą ciśnienie kolejno przez podgrzewacze *B*, *C* i *D* do zbiornika *E*, w którym następuje właściwy proces rozdzielania. Wnętrze zbiornika *E* jest wypełnione systemem blach poziomych, opatrzonych otworami umieszczonymi naprzemian w środku, to znów w bliskości ścian zbiornika. Taki układ otworów zmusza ciecz do odbywania większej części swej drogi w kierunku poziomym. Celem łatwiejszego oczyszczania wnętrza zbiornika, omawiane przegrody ujęte są w oddzielne pakiety, które można z łatwością wyjmować. Ze zbiornika *E* wypływa górnym wylotem czysty, gorący olej (*ca* 150° C), oddaje część swego ciepła świeżej emulsji w podgrzewaczu *B*, a następnie przechodzi przez automatyczny wentyl ciśnieniowy, nastawiony na *ca* 5 atmosfer do miejsca przeznaczenia. Pozbawiona oleju faza wodna (przy naturalnej emulsji ropnej zazwyczaj wysoko procentowa solanka) wypływa u dołu zbiornika i oddając część swego ciepła emulsji w podgrzewaczu *C* <sup>2)</sup> opuszcza go ręcznie regulowanym wentylem.

W tych dwóch podgrzewaczach, dzięki samej tylko regeneracji ciepła podnosi się temperatura emulsji do *ca* 110° C. Dalsze ogrzanie do temperatury *ca* 151° C odbywa się w podgrzewaczu *D* zapomocą pary pod ciśnieniem. Ciśnienie pary służącej do zasilenia podgrzewacza *D* i pompy bliźniaczej przewidziane jest na 7 atmosfer.

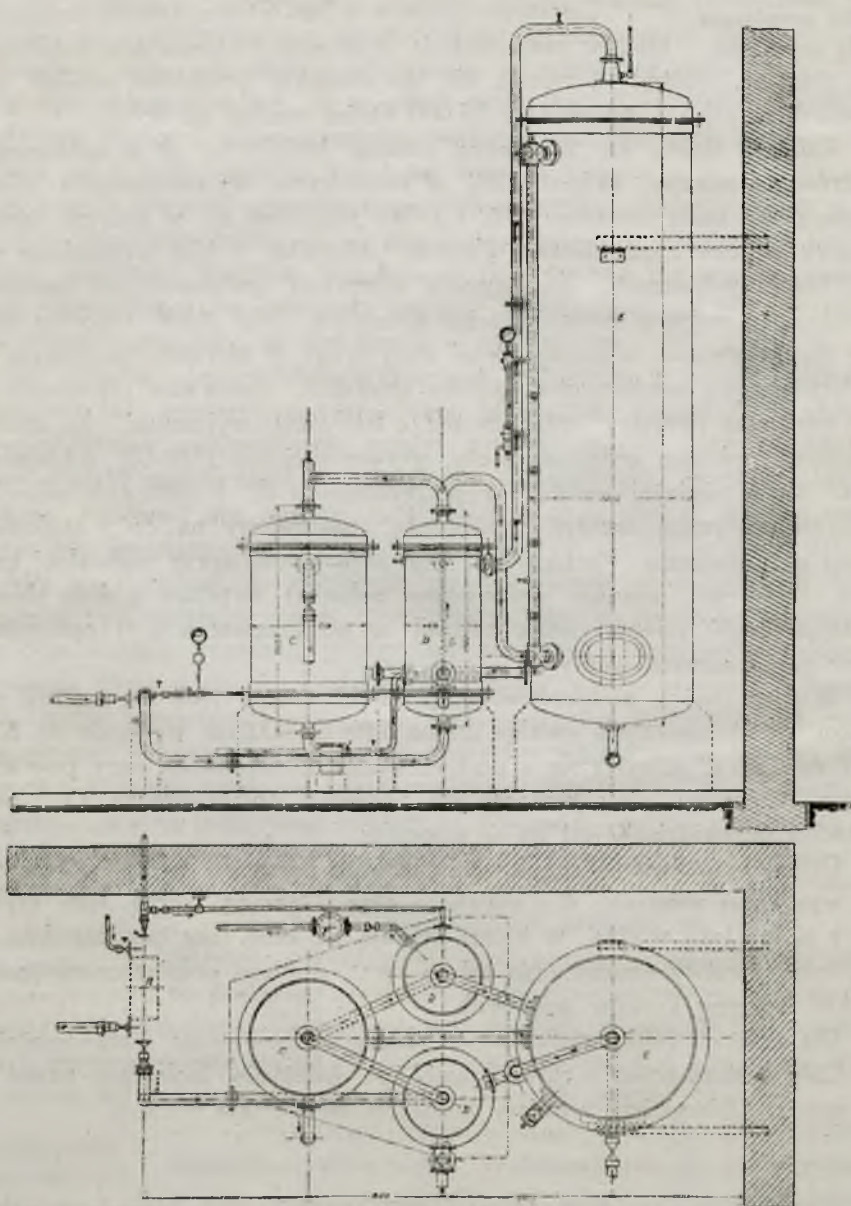
Celem umożliwienia regulowania wentyla ręcznego, przewidziano wzdłuż całej wysokości zbiornika *E* dwucalową rurę, łączącą górną fazę czystego oleju z dolną fazą wodną, w której stykają się obie fazy bezpośrednio z pominięciem warstwy emulsji. Na tej to rurze dopiero pomieszczony jest wodowskaz i szereg kurków próbných.

Dla kontroli ruchu umieszczono szereg termometrów i manometrów.

Cały system wraz z rurociągami jest należycie izolowany przed stratami ciepła. Główniejsze wymiary instalacji uwidacznia rysunek.

<sup>1)</sup> Strzałka  $\longrightarrow$  oznacza drogę emulsji; strzałka  $\cdots\cdots\longrightarrow$  drogę wody względnie solanki i pary; strzałka  $\rightleftharpoons\longrightarrow$  drogę czystego oleju.

<sup>2)</sup> Przy tych gatunkach emulsyj, które dają olej o punkcie krzepnięcia stosunkowo wysokim, nastęrczających trudności w ich tłoczeniu jest wskazaniem najpierw podgrzewać świeżą emulsję gorącą solanką, a dopiero następnie czystym gorącym olejem. Jest to odwrotnie niż na rysunku.



Rycina.

**Porównanie bilansów energetycznych.**

Poniżej podajemy w krótkości daty pozwalające na dokładniejszą orientację w bilansie energetycznym tak systemu perjodycznego jak ciągłego.

**Przykład dla 50%-wej emulsji.**

10.000 kg 50%-ej emulsji. Przyjmijmy dla prostoty, że ciepło właściwe fazy wodnej wynosi 1, ciepło właściwe oleju 0.5. Do nagrzania 5.000 kg fazy wodnej od temperatury 20° C do 151° C (5 atmosfer ciśnienia) potrzebujemy 660.000 kal., do ogrzania zaś 5.000 kg oleju o tę samą ilość stopni potrzebujemy 330.000 kal., tak że do rozdzielania jednego wagona powyższej emulsji sposobem perjodycznym musimy doprowadzić sumarycznie 990.000 kal. Ponieważ przy systemie ciągłym ogrzanie emulsji od temperatury 20° C do 110° C odbywa się kosztem ciepła regenerowanego, więc z zewnątrz doprowadzić musimy tylko tyle ciepła, aby ogrzać emulsję w granicach od 110° C do 151° C, t. j. okrągło  $\frac{1}{3}$  część tego ciepła, którego musimy użyć przy stosowaniu systemu perjodycznego, a zatem tylko 330.000 kal.

Mając do dyspozycji energję cieplną — jak to zazwyczaj bywa — w formie pary pod ciśnieniem i przyjmując użyteczne wyzyskanie ciepła z jednego kilograma pary choćby tylko na 500 kal., możemy obliczyć, że zużycie jej przy systemie perjodycznym, dla 50%-ej emulsji wyniesie 1980 kg, podczas gdy przy użyciu racjonalnego systemu ciągłego, regenerującego  $\frac{2}{3}$  ciepła, tylko 660 kg pary.

Przyjmując, że z 1 kg węgla otrzymuje się 5 kg pary, możemy powyższą energję cieplną wyrazić 132 kg-ami węgla co czyni 1.32% węgla w stosunku do 50%-ej emulsji, lub 2.64% w stosunku do czystego oleju.

**Metoda ciągła nadaje się do przeróbki całej ropy szybkiej.**

Warto zwrócić uwagę, że wobec tak niskich kosztów energii cieplnej przy stosowaniu metody ciągłej, opłacałoby się przerabianie tą metodą w pewnych razach nawet całej ilości ropy wraz z emulsją, bez dotąd w praktyce borysławskiej stosowanego usuwania emulsji drogą podgrzewania parą w odstajnikach, który to sposób jest nieracjonalny ze względu na wysoce nieekonomiczne zużycie pary i pracy ludzkiej, jakoteż z powodu poważnych strat lotniejszych benzyn. Należy bowiem zaznaczyć, że przy stosowaniu metody ciągłej wystarczy jeden człowiek do obsługi urządzenia choćby na bardzo dużą produkcję, a straty benzyn są wykluczone.

Następujący przykład uwidoczni liczbowo rentowność metody dla ropy stosunkowo mało zanieczyszczonej.

**Przykład dla ropy o 15%-ach solanki.**

Z rachunku przeprowadzonego w sposób analogiczny — jak wyżej — wynika, że dla ropy zawierającej 85% oleju a 15% wody zużycie energii cieplnej przy stosowaniu naszego systemu ciągłego wynosi na 1 wagon takiej emulsji



tylko 506 kg pary, t. z. okrągło 100 kg węgla, czyli 1% w odniesieniu do ropy o 15% wody, względnie solanki.

Z INSTYTUTU BADAŃ NAUKOWYCH I TECHNICZNYCH „METAN“.

DR. INŻ. WALENTY DOMINIK.

## MANOMETRY RÓŻNICOWE.

Manometry wodne a tem bardziej rtęciowe są aparatami o zbyt małej czułości i nie nadają się do pomiarów bardzo małych różnic ciśnień, jakie występują n. p. w przewodach gazowych wskutek spadku ciśnienia płynącego gazu lub przy pomiarach różnic prężności pary nad roztworami o małych różnicach koncentracji. Czułość tych przyrządów udało się znacznie zwiększyć przez zastosowanie dwóch nie mieszających się cieczy o blizkich ciężarach właściwych, a głównym impulsem do pracy w tym kierunku była potrzeba czułych manometrów do mierzenia ciągu. Manometry takie użyte do tego celu noszą nazwę anemometrów, a z nazwisk związanych z ich wydoskonaleniem należy wymienić takie jak Seger, König, Rabe, Jabłczyński<sup>1)</sup> i inni.

Zajmując się przez dłuższy czas pomiarami przepływu gazów miałem sposobność zapoznać się bliżej z anemometrami, a poczynione przytem spostrzeżenia postaram się tutaj opisać.



Ryc. 1.

Manometry różnicowe możnaby podzielić na dwa gatunki zależnie od tego, czy oba płyny mają dwie czy też jedną powierzchnię zetknięcia. Zajmiemy się naprzód pierwszą ewentualnością i właśnie tego rodzaju aparat przedstawia ryc. 1. Składa on się z wąskiej rurki manometrycznej i szerszych cylindrycznych zbiorników o jednakowej średnicy. Zbiorniki te przechodzą następnie z powrotem w rurki o małych przekrojach, które można zapomocą węzów kauczukowych połączyć z przestrzeniami o różnych ciśnieniach. Rurkę manometryczną wypełnia się do połowy jej wysokości jakąś cieczą, następnie nalewa się przy otwartym

kurku *k*, zamykającym połączenie między górnymi częściami tej rurki, drugiej cieczy o nieco mniejszym ciężarze właściwym, nie mieszającej się z poprzednią. Ciecz ta powinna sięgać mniej więcej do połowy rozsze-

<sup>1)</sup> Według informacji ustnej, udzielonej mi przez Prof. I. Mościckiego, Jabłczyński zastosował pierwszy przy anemometrach połączenie wąskich rurek tuż pod zbiornikami zapomocą rurki kauczukowej i ściskacza, co znacznie ułatwia nastawianie anemometru.

rzonych zbiorników. Rurka poprzeczna z otwartym kurkiem  $k$  umożliwia automatyczne ustawienie się powierzchni zetknięcia obu cieczy w obu ramionach na jednym poziomie. Z chwilą, gdy to nastąpiło, zamyka się kurek  $k$  i przyrząd jest gotów do użycia. W dolnej części rurki manometrycznej można dać gruszkowate rozszerzenia  $G$  dla łatwiejszego rozdzielania tworzącej się czasem emulsji.

Gdy teraz końce manometru połączymy z przestrzeniami gazowymi o różnych ciśnieniach, to oczywiście poziomy cieczy w obu ramionach manometru przesuną się odpowiednio. Gdyby ciężary właściwe obu cieczy były jednakowe, wtedy różnica poziomów dolnej cieczy byłaby tyle razy większa od różnicy poziomów górnej cieczy, ile razy przekrój szerszych naczyń jest większy od przekroju rurki. Wobec tego jednak, że ciężar właściwy dolnej cieczy jest większy, różnica ta będzie mniejsza, ze względu na to, że po stronie niższego ciśnienia kompensujący słup cieczy będzie utworzony częściowo przez płyn o większym ciężarze właściwym. Ażeby znaleźć wyrażenie analityczne na omawianą zależność, postawmy równanie równowagi manometru.

Po jednej stronie działa ciśnienie  $B'$ , słup cieczy górnej  $H'_g$  i słup cieczy dolnej  $H'_d$ . Podobnie po drugiej stronie jest  $B''$ ,  $H''_g$  i  $H''_d$ . Otóż w stanie równowagi muszą być sumy tych ciśnień po obu stronach równe. Jeżeli mierzymy ciśnienie w  $mm$  słupa wody, równanie przedstawia się następująco:

$$B' + g_g \cdot H'_g + g_d \cdot H'_d = B'' + g_g \cdot H''_g + g_d \cdot H''_d,$$

gdzie  $B'$  i  $B''$  oznaczają ciśnienia gazu,  $H'_g$  wysokość słupa górnej cieczy,  $H'_d$  wysokość słupa cieczy dolnej, przyczem znaczki ', względnie '' oznaczają poszczególne ramiona manometru,  $g_g$  gęstość cieczy górnej, zaś  $g_d$  gęstość cieczy dolnej.

Stąd otrzymujemy przez przekształcenie:

$$B'' - B' = g_g (H'_g - H''_g) + g_d (H'_d - H''_d).$$

Że jednak, jak to widać z rysunku, jest

$$H'_g + W = H''_g + w, \text{ zaś } H'_d = H''_d + W$$

czyli  $H'_g - H''_g = -W + w$ , względnie  $H'_d - H''_d = W$ ,

gdzie „ $W$ “ oznacza różnicę poziomów cieczy dolnej, „ $w$ “ różnicę poziomów cieczy górnej, przeto otrzymujemy:

$$B'' - B' = g_d \cdot W - g_g (W - w) \quad (1).$$

Z drugiej strony znamy zależność  $w$  od  $W$ , mianowicie:

$$P \cdot w = p \cdot W,$$

gdzie  $P$  oznacza przekrój zbiornika,  $p$  przekrój rurki manometrycznej w  $mm^2$ . Po załączeniu bowiem aparatu stan równowagi ustala się w ten sposób, że

słup cieczy górnej o objętości  $P \cdot \frac{w}{2}$  wchodzi ze zbiornika do rurki wąskiej, przybiera tam postać słupa  $p \cdot \frac{W}{2}$  o równej objętości i wypiera równą ilość cieczy dolnej do drugiego ramienia manometru. Mamy zatem:

$$w = \frac{p}{P} W \quad (2).$$

Podstawiając równanie (2) w równaniu (1), otrzymujemy:

$$B'' - B' = g_d \cdot W - g_g \cdot W \left( 1 - \frac{p}{P} \right)$$

lub

$$B'' - B' = W \left[ g_d - g_g \left( 1 - \frac{p}{P} \right) \right]$$

stąd zaś, zważywszy, że  $\frac{p}{P} = \left( \frac{d}{D} \right)^2$ , gdzie  $d$  i  $D$  oznaczają średnice rurki, względnie zbiornika, wynika, że

$$W = (B'' - B') \frac{1}{g_d - g_g \left( 1 - \frac{d^2}{D^2} \right)}. \quad (3).$$

Stosunek  $\frac{W}{B'' - B'}$  jest miarą czułości manometru i daje się regulować, jak z wzoru wynika, przez dobór odpowiednich cieczy i stosunku średnic rurki manometrycznej i zbiorników na górną ciecz. Jako przykład weźmy naftę o gęstości 0,800 i wodę o c. wł. 1,000 w przyrządzie o średnicach

$$d = 5 \text{ i } D = 50 \text{ mm.}$$

Wtedy mamy  $\frac{W}{B'' - B'} = 4,80$ , to znaczy, że 4,8 mm różnicy poziomów na aparacie odpowiada różnicy ciśnień 1 mm słupa wody. Gdybyśmy przy tym samym stosunku średnic wzięli dwie ciecze o bliższych ciężarach właściwych n. p. 1,000 i 1,020, dostajemy:

$$\frac{W}{B'' - B'} = 33,3$$



Ryc. 2.

Dla manometrów różnicowych o jednej powierzchni zetknięcia obu cieczy, jak na ryc. 2. rachunek przedstawia się nieco inaczej. Aparat taki jest napełniony w ten sposób, że jedna ciecz (cięższa) wypełnia cały zbiornik (na rys. prawy), połączone z nim ramie wąskiej rurki i przeważną część ramienia drugiego. Resztę drugiego ramienia i drugi zbiornik wypełnia ciecz lżejsza.

Niech w niezłączonym aparacie powierzchnia zetknięcia obu cieczy znajduje się przy  $O$ , przyczem  $O$  znajduje się zwykle tuż pod zbiornikiem

cieczy lżejszej przez co wyzyskujemy dla skali całą długość rurki, chociaż mamy wtedy możliwość łączenia przestrzeni o różnych ciśnieniach tylko w jednym kierunku, mianowicie nad cięższym płynem musi być niższe ciśnienie. Po połączeniu zbiorników z ciśnieniami  $B$  i  $B''$  otrzymujemy odchylenie  $W$ . Ponieważ ustaliła się nowa równowaga, zmiany w ciśnieniach i w odchyleniach od poziomu muszą być w sumie po obu stronach równe, musi więc być:

$$B'' - w \cdot g_l + W \cdot g_l - W \cdot g_c = B' + w \cdot g_c,$$

gdzie  $w$ , oznacza obniżenie, względnie podwyższenie poziomu w biornikach,  $W$ , obniżenie powierzchni zetknięcia obu cieczy,  $g_l$  gęstość cieczy lżejszej, zaś  $g_c$  gęstość cieczy cięższej.  $w$  jest w obu zbiornikach jednakowe wobec równych przekrojów. Porządkując równanie dostajemy:

$$B'' - B' = w (g_c + g_l) + W (g_c - g_l)$$

ponieważ zaś  $w = \frac{p}{P} \cdot W$ , więc mamy:

$$B'' - B' = \frac{d^2}{D^2} W \cdot (g_c + g_l) + W (g_c - g_l), \text{ albo:}$$

$$W = (B'' - B') \cdot \frac{1}{g_c - g_l + (g_c + g_l) \frac{d^2}{D^2}} \quad (4).$$

Z porównania z funkcją (3), napisaną w postaci:

$$W = (B'' - B') \cdot \frac{1}{g_d - g_g + g_g \frac{d^2}{D^2}}$$

widać, że przy tych samych przekrojach i tych samych płynach czułość aparatów o jednej powierzchni zetknięcia obu cieczy jest znacznie mniejsza niż czułość anemometrów opisanych poprzednio, zwłaszcza gdy oba płyny mało się różnią ciężarem właściwym. W dwu poprzednio przytoczonych wypadkach otrzymujemy jako wartości  $\frac{W}{B'' - B'}$  zamiast 4,80 względnie 33,3, — liczby 4,59 i 24,8.

Ostatnio opisany aparat może też działać w przeciwnym kierunku (zniżka ciśnienia nad cieczą lżejszą, zwyżka nad cięższą) jeżeli poziom zetknięcia umieścimy u dołu jednej z wąskich rurek; może on wreszcie działać w obie strony jeśli ów punkt zerowy będzie się znajdował w połowie rurki. W obu tych wypadkach czułość jego jest ta sama co w wypadku pierwszym, obszerniej rozważanym. Ponieważ ten rodzaj manometrów jest mniej czuły, długość rurki mniej się daje wyzyskać i manipulacja wymaga większej uwagi, a z drugiej strony posiada on wiele cech wspólnych z anemome-

trami o dwu powierzchniach zetknięcia, więc będą tylko te ostatnie szczegółowiej omawiał, zwracając ewentualnie uwagę na różnice.

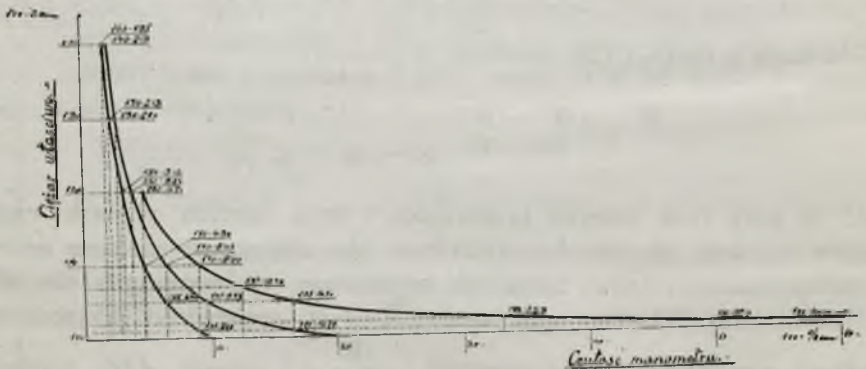
Ażeby sobie jeszcze lepiej zdać sprawę z wpływu jaki ma na czułość manometru różnicowego stosunek średnic i gęstość użytych płynów, powróćmy do równania (3) i napiszmy je w postaci następującej:

$$C = \frac{W}{B'' - B'} = \frac{1}{g_d - g_g + g_g \cdot \frac{d^2}{D^2}}$$

Im różnica gęstości ( $g_d - g_g$ ) jest mniejsza, tem większa wartość ułamka, a więc tem większa czułość aparatu. Gdy  $g_d - g_g$  zbliża się do zera, wartość  $C$  zbliża się do granicy, będącej równocześnie maximum czułości aparatu:

$$C_{max} = \lim_{g_d - g_g = 0} C = \frac{D^2}{g_g \cdot d^2}$$

Ryc. 3. przedstawia zależność czułości aparatu od różnicy gęstości płynów dla trzech wartości stosunku  $\frac{d^2}{D^2}$ , mianowicie  $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{1}{20}$  i  $\frac{1}{100}$ .  $G_g$  przyjęło równe jedności (woda), zaś  $g_d$  waha się od 1,5 do 1,0 (roztwory płyn-



Ryc. 3.

nych tłuszczów w chloroformie). Widać z wykresu, że aparat tego rodzaju można pod względem czułości wtedy najlepiej wyzyskać, gdy różnica gęstości między płynami jest tego stopnia, co i stosunek kwadratów średnic, albo nawet i mniejsza. Do czułości maksymalnej aparatu oczywiście dojść nie można, gdyż z dwu cieczy wzajemnie nierozpuszczalnych o jednakowych ciężarach właściwych powstawałaby wskutek jakiegokolwiek wstrząśnienia trwała emulsja.

Maksymalną czułość aparatów o jednej powierzchni zetknięcia znajdziemy z równania (4). Gdy różnica ciężarów właściwych maleje do zera, czułość wzrasta do granicy

$$C_{max} = \frac{1}{(g_c + g_l) \frac{d^2}{D^2}} \text{ lub } \frac{D^2}{2g_l \cdot d^2}$$

zważywszy, że wtedy  $g_c = g_l$ . Czułość maksymalna tych aparatów jest więc dwa razy mniejsza od czułości aparatów o dwu powierzchniach zetknięcia. Zapoznawszy się dokładniej z teorią manometrów różnicowych, możemy teraz rozważyć jakie środki ostrożności należy zachować, ażeby pomiary były rzetelne. Przedewszystkiem należy przypomnieć, że obydwie zbiorniki muszą mieć jednakowe przekroje i że wahania cieczy, jakie w nich zachodzą nie mogą sięgać do zwężeń dolnych lub górnych. Również stały przekrój musi posiadać rurka manometryczna. Stosunek między czynną wysokością zbiorników a czynną wysokością rurki manometrycznej daje się łatwo obliczyć. Jeżeli dolna ciecz wypełnia oba ramiona manometru do połowy ich wysokości, co jest najodpowiedniejsze dla całkowitego wyzyskania aparatu, wtedy w zbiornikach przy największej dającej się zmierzyć różnicy

ciśnien przesuną się poziomo o  $\frac{d}{D} \cdot \frac{h}{2}$  od położenia równowagi w dół względnie w górę, przyczem  $h$  oznacza wysokość wąskiej rurki. Zbiorniki powinny więc mieć na wysokości nie mniejszej od  $\frac{d}{D} \cdot h$  przekrój jednakowy (średnicę  $D$ ), i w tym właśnie wypadku granicznym musiałby górny poziom znajdować się w połowie cylindrycznej przestrzeni zbiorników. Dla uzyskania większej swobody przy napełnianiu aparatu zbiorniki powinny być znacznie wyższe (n. p. o 50%).

Rurka manometryczna, jak już poprzednio zaznaczono musi mieć na całej długości czynnej stały przekrój. Wynika to już z tego, że czułość aparatu zależy od stosunku średnic zbiorników i rurek, a więc jeśli czułość ma być przy każdym wychyleniu jednakowa to i ów stosunek musi być stały. Jest jednak jeszcze jeden powód, dla którego przekrój rurki manometrycznej musi być stały i to w obydwu ramionach. Jestto wpływ włoskowatości na położenie powierzchni zetknięcia obu cieczy w rurce. Chodzi tutaj nie tylko o wielkość przekroju ale i o obwód wewnętrzny rurki. Na obie ciecze stykające się ze ścianami naczynia działa na linii zetknięcia a więc na obwodzie  $\pi d$  siła  $\pi d \gamma_1$ , względnie  $\pi d \gamma_2$ , gdzie  $\gamma$  oznacza napięcie powierzchniowe. Obie te siły działają w kierunku zmniejszenia powierzchni swobodnej cieczy a więc ich działanie w rezultacie się sumuje, zawsze bowiem w miejscu zetknięcia jeden płyn ma menisk wypukły a drugi wklęsły. Oznaczając sumę  $\gamma_1 + \gamma_2 = \gamma$ , widzimy, że na powierzchnię zetknięcia w rurce o średnicy  $d_1$  działa siła

$$P_1 = \pi \gamma d_1$$

zaś w rurce drugiej

$$P_2 = \pi \gamma d_2.$$

Zważywszy, że w jednej rurce rozkłada się ta siła na powierzchnię  $\frac{\pi d_1^2}{4}$ , w innej na  $\frac{\pi d_2^2}{4}$ , obliczamy, że napięcie powierzchniowe wywoła w rurce pierwszej pozorną zmianę ciśnienia:

$$dH_1 = \frac{4\pi\gamma d_1}{\pi d_1^2} \text{ dyn/cm}^2$$

zaś w drugiej

$$dH_2 = \frac{4\pi\gamma d_2}{\pi d_2^2} \text{ dyn/cm}^2$$

Po uproszczeniu i zamianie na jednostki praktyczne otrzymujemy:

$$dH = \frac{4\gamma}{981 \cdot 1033d} \text{ Atm}$$

lub

$$dH = \frac{4\gamma \cdot 10330}{981 \cdot 1033d} \text{ mm s\lupa wody.}$$

Oba te ciśnienia przewidziałają sobie, tak że na manometrze stwierdzamy ich różnicę, wynoszącą

$$d(H_1 - H_2) = \frac{40\gamma}{981} \left( \frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right) \text{ mm s\lupa wody.}$$

Jeżeli aparat ma czułość  $C$ , to różnica w średnicach obu ramion manometru powoduje skutek napięcia powierzchniowego różnicę w odczycie o

$$d(H_1 - H_2) = \frac{40\gamma C}{981} \left( \frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right) \text{ mm s\lupa wody}$$

czyli

$$d(H_1 - H_2) = 0,0408\gamma C \left( \frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right) \text{ milimetrów.}$$

Jeżeli dolna ciecz ma menisk wypukły, wtedy skutek omawianego zjawiska zachodzi w węższej rurce obniżenie poziomu. Jeśli jest odwrotnie, poziom zetknięcia w węższej rurce podnosi się.

Aby ocenić wpływ, jaki to zjawisko może mieć na rzetelność aparatu, trzeba znać napięcia powierzchniowe na granicy wchodzących w grę cieczy. N. p.  $\gamma$  na granicy zetknięcia się wody z naftą wynosi 48,3 *dyn/cm*. Niech średnice ramion manometru wynoszą 0,7 i 0,6 *cm*, a czułość niech równa się  $C = 12$ , wtedy

$$d(H_1 - H_2) = 0,0408 \cdot 48,3 \cdot 12 \left( \frac{1}{0,6} - \frac{1}{0,7} \right) = 5,6 \text{ mm}$$

Przy używaniu tego rodzaju manometrów zdarza się często, że cząsteczki płynów przyczepiają się do ścian rurki i pozostają mimo przesunięcia poziomów, przedostając się do drugiego płynu. Wtedy skutek zmniejszenia się

przekroju mogą zachodzić błędy w odczycie, gdy poziom zetknięcia znajdzie się w takim zwężonym miejscu.

Innym powodem nieścisłości może być zmiana ciężaru właściwego cieczy. N. p. rozszerzalność nafty pod wpływem temperatury wynosi *ca* 0,1%, wody natomiast *ca* 0,001%, a zatem dwa pomiary wykonane takim manometrem w dwu temperaturach oddalonych od siebie o 10°C będą się różnić około o 5%. Różnica ta może być ogromna jeżeli ciężary właściwe cieczy są bardzo bliskie. Często używa się do napełniania anemometrów nasyconych roztworów fenolu we wodzie i wody we fenolu. Jak wiadomo fenol i woda, pozostając z sobą w zetknięciu w odpowiednich stosunkach, tworzą dwie fazy płynne, mianowicie cięższy gat. roztwór wody we fenolu i lżejszy roztwór fenolu we wodzie. Ciężary właściwe obydwu faz nasyconych przy 16,5°C okazały się następujące :

fenol nasycony wodą . 1,0532  
woda nasycona fenolem . 1,0058

Jeden z anemometrów posiadał  $d = 7$ ,  $D = 48$ , stąd  $\frac{d^2}{D^2} = 0,021$ . Czułość jego po napełnieniu wspomnianymi roztworami powinna wynosić 14,38, zaś przez porównanie z manometrem wodnym znaleziono w temp. pokojowej, że 263 *mm* wychylenia odpowiada 18 *mm* wody t. j. 14,61, jak wymaga teoria. Ścisłość pomiarów jest zatem wystarczająca. Gdy jednak pomiar wykonamy w innej temperaturze, niż ta do której odnoszą się ciężary właściwe sprawa przedstawi się inaczej. W miarę podnoszenia się temperatury wzrasta tak rozpuszczalność fenolu we wodzie jak i na odwrót, tak, że wreszcie przy pewnej temperaturze obydwie fazy zlewają się w jedną. Równocześnie z temperaturą ulega zmianie a mianowicie zmniejsza się ciężar właściwy obu faz. Działają tutaj dwa czynniki: zmiany koncentracji i rozszerzalność pod wpływem ciepła. W rezultacie gęstość fazy dolnej maleje szybciej niż gęstość fazy górnej. Przy temperaturze 38° C obie fazy mają gęstości :

$d_{doln. f.} = 1,0372$   
 $d_{górn. f.} = 1,0004$

Gdy roztwory znajdują się nad sobą w rurce manometru w postaci wysokich słupów cieczy, mających małą powierzchnię zetknięcia, wtedy wzajemne dosycanie przez dyfuzję odbywa się bardzo wolno, tak, że mimo zmian temperatury koncentracje faz pozostają przez dłuższy czas te same. W tym wypadku większe znaczenie ma wpływ samej rozszerzalności roztworów pod wpływem ciepła. Aby tę własność oznaczyć ogrzewałem osobno oba płyny nasycone w temp. pokojowej 16,5° C i oznaczyłem ich gęstość przy 34° C. Wynosiła ona :

$d_{doln. f.} = 1,0416$   
 $d_{górn. f.} = 1,0008$



Widać, że i w tym wypadku gęstość fazy dolnej maleje znacznie prędzej niż górnej. Z powyższych dat oblicza się czułość wymienionego aparatu dla 34° C w założeniu, że koncentracje obu płynów są te same co w temp. pokojowej

$$C_{34} = 16,1$$

a więc przyrost czułości  $\frac{dC}{dt}$  wynosi w tym wypadku 0,086, czyli 0,6% na 1° C.

Gdy fazy mają czas dosycić się, czułość aparatu wynosi przy 38°

$$C_{38} = 17,1, \text{ stąd } \frac{dC}{dt} = 0,116, \text{ czyli } 0,8\% \text{ na } 1^\circ \text{ C.}$$

Jestto zmienność nie zawsze do zaniedbania tak, że należałoby raczej używać, płynów mniej różniących się pod względem rozszerzalności.

Oprócz zmiennej czułości posiadają anemometry z fenolem jeszcze inną wadę, mianowicie trujące i gryzące własności fenolu, dlatego też raczej należałoby używać jako płynów anemometrycznych olei mineralnych jako cieczy lżejszych i nieco wodą rozcieńczonego alkoholu jako cieczy cięższej.

Z przytoczonych powyżej spostrzeżeń wynikają następujące postulaty, które muszą być spełnione, ażeby działanie manometrów było bez zarzutu:

- 1) Zbiorniki górnej cieczy o stałym przekroju na dostatecznej wysokości.
- 2) Rurka manometryczna o stałym przekroju i jednakowym obwodzie wewnętrznym na całej długości czynnej.
- 3) Płyny o jednakowej rozszerzalności, o ile możliwości małej, których wzajemna rozpuszczalność jest albo równa zero albo przynajmniej nie zmienia się znacznie w przedziale temperatury w jakim mogą się odbywać pomiary.
- 4) Im większa różnica przekrojów rurki i zbiorników, tem bliższe powinny być ciężary właściwe obu płynów aby konstrukcję aparatu dobrze wyzyskać. Jaką różnicę ciężarów właściwych stosować w danym wypadku, wskazuje mniej więcej załączony wykres.

Z LABORATORJUM FABRYKI „AZOT“ W JAWORZNIE.



Dnia 29-go stycznia 1920 roku zmarł

Ś. p. **ZDZISŁAW SULIMA KAMIŃSKI**

INŻYNIER-GÓRNIK

Członek Dyrekcji Państwowych Zakładów salinarnych, b. radca górniczy, członek czynny Delegacji Związku Górników i Hutników polskich, redaktor „Czasopisma Górniczo-Hutniczego“ i t. d.

Ubył z szeregu polskich górników jeden z najdzielniejszych ich przedstawicieli. Czynnym jako inżynier-górnik szereg lat w polskich salinach, nie ogranicza się do pracy w swoim zawodzie, lecz ruchliwy jego umysł obejmuje i inne dziedziny. Redaguje On „Czasopismo Górniczo-Hutnicze“, pracuje też jako poeta, nowelista i dramaturg.

Cześć pamięci dzielnego Pracownika - Obywatela!