

Kazimierz DOHRALIK
Instytut Kształtowania Środowiska
Kraków

OCENA MOŻLIWOŚCI STEROWANIA STACJĄ ODNOWY WODY

Streszczenie. W artykule po określeniu poszczególnych węzłów technologicznych w procesie odnowy wody, zaproponowano dobór aparatury kontrolno-pomiarowej niezbędnej dla stabilizacji i sterowania procesem. Aparaturę omówiono w grupie pomiarów wielkości mechanicznych i parametrów fizyko-chemicznych. W następnej kolejności przedstawiono propozycje automatycznego sterowania i regulacji ze szczególnym uwzględnieniem dawkowania odczynników. Schematy blokowe układów automatyki ograniczono do przebiegów podstawowych.

1. Punktem wyjścia odnośnie rozwiązań technologicznych jest "Studium możliwości realizacji i eksploatacji procesów odnowy wody na terenie G.Śląska" opracowane w listopadzie 1978 roku przez Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego w Krakowie. Sposób opracowania zagadnień związanych z AKP oraz automatyzacją jest kontynuacją metody przyjętej przez BPRK, a mianowicie : dotyczy określonych procesów, a nie całych stacji. Propozycje pomiarów wielkości mechanicznych oraz układów automatyzacji odnoszą się do wielkości stacji odnowy wody w granicach 10/20 + 60/80 tys. m³/d.

Procesy technologiczne dotyczą :

- usuwania amoniaku,
- koagulacji,
- sedymentacji,
- filtracji,
- sorbacji,
- przeróbki osadów.

Jako realne dla wprowadzenia w warunkach krajowych ustalono rozwiązania wymienionych procesów jak następuje :

- nityfikacja za pomocą ;
 - osadu czynnego,
 - komór napowietrzania,
 - chlorowania do punktu przełamania ;
- koagulacja w układach ;
 - koagulacji klasycznej ze stabilizacją pH,
 - z zastosowaniem akceleratorów ;

- filtracja na :
 - filtrach piaskowych ewentualnie dwuwarstwowych,
 - filtrach z węglem aktywnym,
- przeróbka osadów bez problemu wyposażenia w AKP.

Natomiast uwzględnić należy w ramach powiązania węzłów technologicznych zagadnienie

- transportu ścieków i osadów.

2. Wychodząc z założenia, że aparaturę kontrolno-pomiarową przewiduje się dla podstawowych procesów technologicznych stacji odnowy, nie biorąc pod uwagę procesów pomocniczych jak np. przygotowywanie roztworów reagentów, gdzie układy traktuje się jako wyodrębnioną całość - biorąc pod uwagę potrzeby stabilizacji procesów oraz sterowania przewiduje się następujące stanowiska pomiarowe :

- 2.1. w procesie nityfikacji :
- natężenia przepływu ścieków w kanałach otwartych,
 - stężenia amoniaku w ściekach dopływających,
 - stężenia azotanów,
 - temperatury ścieków,
 - pH,

oraz przy napowietrzaniu za pomocą sprężonego powietrza

- natężenie przepływu powietrza.

Dodatkowo przy chlorowaniu :

- stężenie chloru w ściekach,
- natężenie przepływu metanolu przy nityfikacji i denityfikacji z dodatkiem metanolu.

2.2. W procesie koagulacji klasycznej :

- natężenie dopływu ścieków,
- mętność jako wskaźnik ilości zawiesiny,
- wskaźnik ilości zawiesiny,
- natężenie przepływu reagentów (roztwór siarczanu glinu i wapna),
- pH,
- przewodność (roztwór siarczanu glinu).

2.3. W przypadku akcelatora :

- natężenie dopływu ścieków (w przewodzie zamkniętym),
- mętność jako wskaźnik ilości zawiesiny,
- natężenie przepływu reagentów,
- pH,
- natężenie przepływu osadów.

3. W procesie filtracji na filtrach pospiesznych otwartych lub ciśnieniowych przy płukaniu powietrzem i wodą wymagania w zakresie wyposażenia w AKP określone są w normie : BN-73 .

6212-14

Potrzebne pomiary dotyczą :

- dla każdej komory :
- poziomu zwierciadła wody na filtrze,
 - oporności złoża,
 - natężenia przepływu wody przefiltrowanej;

dla całej stacji filtrów :

- natężenia przepływu powietrza do płukania,
- ilości zużytego powietrza do płukania,
- natężenia przepływu wody płucznej,
- ilości zużytej wody do płukania,
- wskaźnika mętności wody popłucznej.

2.4. Procesy adsorpcji proponuje się na węglu granulowanym przy urządzeniach jak w procesie filtracji. Stąd też wyposażenie w AKP będzie analogiczne.

2.5. W ramach zagadnień transportu ścieków i osadów należy wziąć pod uwagę potrzebę stosowania w układzie odnowy wody pompowni ścieków i osadów - wystąpią wówczas zagadnienia AKP w następującym zakresie :

- pomiaru przepływu ścieków oczyszczonych i osadów w przewodach zamkniętych,
- pomiaru poziomu ścieków i osadów oraz ewentualnie
- pomiaru wilgotności osadu.

3. Dobór aparatury pomiarowej oparto w zasadzie na dostępnej produkcji krajowej, a w wypadku jej braku na produkcji krajów RWPG. Przy wyborze aparatury uwzględniono zakres pomiarowy, dokładność wskazań, sygnał wyjściowy, własności eksploatacyjne, w większości przypadków na podstawie doświadczeń własnych. Na tych zasadach oparto przedstawione poniżej propozycje zestawione ze względu na ograniczoną objętość referatu w formie prawie tabelarycznej.

3.1. Aparatura dla pomiarów wielkości mechanicznych

3.1.1. Pomiar natężenia przepływu w korytach otwartych przeprowadza się zgodnie z rozwiązaniami w ramach zunifikowanych projektów typowych "Uniklar 77" na zasadzie koryta pomiarowego ze zwężką typu Venturiego. Zakresy stacji ochrony w sklasyfikowanych granicach wielkości znajdują pokrycie w korytach KP-VI - VIII. Dla odbioru poziomu proponuje się zastosowanie metody statyczno-pneumaty-

cznej drogą wydmuchiwania powietrza w bardzo małej ilości przez wylot sondy pomiarowej umieszczonej na wysokości dna kanału mierniczego. W układ pomiarowy wchodzi między innymi: regulator małego przepływu typ R503-A1, miernik wskazujący przepływomierz wraz z licznikiem sumującym typ PWWS3-IS (deltaroid - KFAP), nadajnik potencjometryczny NDP-11 (KFAP), rejestrator elektryczny typ NSK (KFAP). Jeżeli nie ma w stacji instalacji sprężonego powietrza, zasilanie odbywa się za pomocą mini sprężarki typ STW-03.

- 3.1.2. Pomiar natężenia przepływu w przewodach zamkniętych dotyczy wielkości rzędu 230-690-900 l/s przy średnicach przewodów w granicach 450-650-800 mm. Pomiar uskutecznia się na zasadzie zwężki pomiarowej typu dysza Venturiego (PoWoGaz do 500 mm) kryzy ISA z pomiarem przytarczowym lub kryzy segmentowej wg PN-65/M-53950. Jako miernik zastosowano typ PWWS3-IS z nadajnikiem potencjometrycznym i rejestratorem NSK.

W układach automatycznej regulacji związanych z przepływem medium proponuje się zastosowanie przetwornika APQ111 (KFAP) z charakterystyką pierwiastkującą (przy współpracy w zależności od potrzeb z miernikiem typu NSK i licznikiem sumującym typu E4P11 (KFAP)).

- 3.1.3. Pomiar natężenia przepływu powietrza realizuje się również na zasadzie zwężek mierniczych (PN-53950) przy mierniku typu wagi pierścieniowej z rejestracją, licznikiem sumującym oraz nadajnikiem potencjometrycznym, w układach sterowania z przetwornikiem o standardowym sygnale wyjściowym. W tym przypadku biorąc pod uwagę niewystarczającą i jakościowo mniej wartościową produkcję krajową proponuje się miernik firmy "Junkalor" (Ringwage III) - Dessau w NRD, z których nabyciem poprzez BZSPK w Poznaniu nie ma specjalnych trudności.
- 3.1.4. Pomiar poziomu ścieków i osadów dla celów sterowania może być uskuteczniany za pomocą sygnalizatorów pływakowych z elastycznie mocowanym pływakiem realizowanym przez "PoWoGaz" pod nazwą "Rtęciowy wyłącznik pływakowy".
- 3.1.5. Pomiar natężenia przepływu osadów będzie realizowany za pomocą przepływomierzy elektromagnetycznych EMM produkowanych przez "Chemopomiar". W układ pomiarowy wchodzi przetwornik sygnału PL, miernik wskazówkowy ENO, licznik przepływu E4P11 i ewentualnie przy uzasadnionej potrzebie rejestracji rejestrator NSK.
- 3.1.6. Pomiar oporności złoza filtracyjnego proponuje się przy zasto-

sowaniu metody hydrostatyczno-pneumatycznej podobnie jak w punkcie 3.1.1. Podstawą pomiaru jest sygnał pneumatyczny proporcjonalny do różnicy ciśnień pomiędzy ciśnieniem hydrostatycznym nad złożem i pod złożem. W skład układu wchodzi miernik różnicy ciśnień PWWS3 (Mera-KFAP) lub przetwornik różnicy ciśnień typu APQ (Mera-KFAP). Inne szczegóły wyposażenia jak w punkcie 3.1.1.

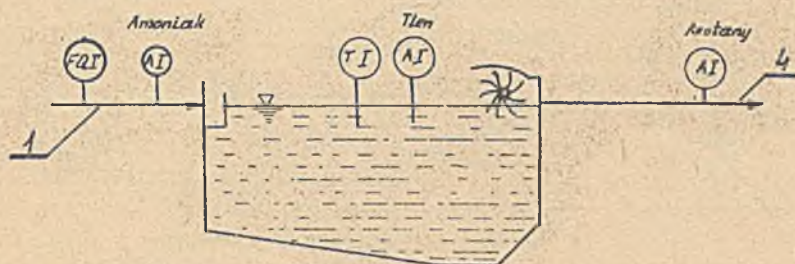
3.2. W ramach pomiarów parametrów fizyko-chemicznych omówiono kolejno dobór aparatury wynikającej z potrzeb ustalonych w punkcie 2.

- 3.2.1. Pomiar pH realizujemy za pomocą pH-metru przemysłowego typu N-513 produkcji Mera-Elwro. Zestaw obejmuje głowicę pomiarową z elektrodami i ewentualnie przystawką ultradźwiękową do oczyszczania elektrod i pH-metr przemysłowy, rejestrator typu NSK lub regulator wychyłowy RK (Mera-Lumel).
- 3.2.2. Dla pomiaru mętności nie ma aparatury krajowej. Proponuje się wykorzystanie mętnościomierza przemysłowego typu NEPHELOM-II produkcji węgierskiej firmy Merlab-Budapeszt (na licencji firmy Brann-Lubbe). Współpracować może z rejestratorem typu NSK (Mera-KFAP) czy regulatorem wychyłowym RK (Mera-Lumel). Z innych rozwiązań zagranicznych na uwagę zasługuje mętnościomierz typu EUR-CONTROL, fotometr produkcji szwajcarskiej firmy Giovanola.
- 3.2.3. Przewodnictwo właściwe ścieków waha się w granicach od 500 do 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, głównie w zależności od stopnia udziału ścieków przemysłowych w ściekach poddawanych odnowie. Odpowiednim dla celów pomiarowych będzie solomierz przemysłowy typu N-570 (Mera-Elwro) w odmianie "1000" o zakresie pomiarowym 50-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lub "2000" dla zakresów 200-2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Występujący na wyjściu z solomierza znormalizowany sygnał prądowy 0 do 5 mA umożliwia podłączenie dodatkowych mierników zewnętrznych rejestratora NSK czy regulatora RK.
- 3.2.4. Pomiar temperatury proponuje się z zastosowaniem niklowych termometrów rezystancyjnych T_0 , NI (KFAP) z typowym miernikiem temperatury EW1 (KFAP) lub rejestratorem NSK.
- 3.2.5. Metodą zapewniającą ciągły pomiar stężenia związków azotowych - amoniaku (NH_4) i azotanów (NO_3) jest metoda jonoselektywna. Elektrody jonoselektywne dla NH_4 i NO_3 nie są dotychczas w kraju produkowane, a prace nad ich konstrukcją znajdują się obecnie na etapie prototypów. Z rozwiązań elektrycznych można wymienić produkcję firm Brann-Lubbe /RFN/, KIL /USA/, ORION RESEARCH /USA/. Żywotność elektrod waha się w granicach 1-3 miesięcy, co wiąże

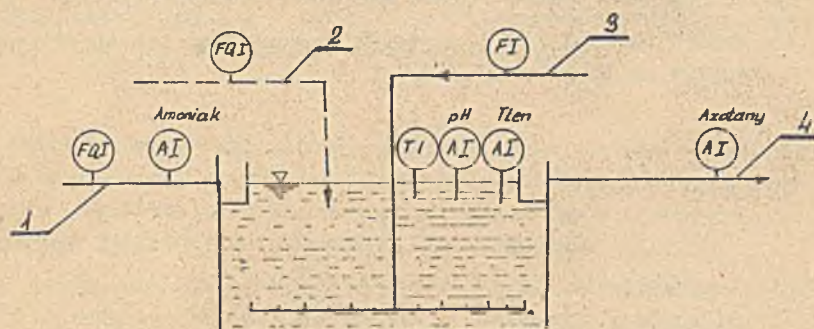
się ze stałym wydatkiem dewizowym. Inną metodą pomiaru stężenia związków azotowych jest metoda kolorymetryczna. Działanie tych urządzeń jest zautomatyzowane, ale ze względu na przebieg reakcji okresowe. Brak ciągłości pomiaru w warunkach odnowy wody może być dopuszczony. Z firm zagranicznych produkujących tego typu przyrządy można wymienić: "Technicon" (RFN), AutoAnalyzez II Bran-Lubbe (RFN) i na jego licencji "MERLAB" (WRL) AquaAnal dla pomiaru stężenia amoniaku oraz NEB-MLW (NRD) pomiar stężenia amoniaku i azotanów.

- 3.2.6. Przyrządy do automatycznego pomiaru zawartości zawiesiny ogólnej w wodzie nie są w Polsce produkowane. Z rozwiązań zagranicznych znane są przyrządy do automatycznego, cyklicznego pomiaru zawiesiny, nie produkowane seryjnie, działające na zasadzie radiometrycznej oraz grawimetrycznej. Cykl odczytu wynosi 36 min. Biorąc pod uwagę wysoki stopień skomplikowania przyrządu nie widzi się uzasadnienia dla wprowadzenia go do układów odnowy wody.
- 3.2.7. Jedynym produkowanym w Polsce jest miernik wolnego chloru typu MC-2 (PoWoGaz), działający na zasadzie depolaryzacji ogniwa. Z uwagi na zakres pomiarowy 0 do 1,0 mg Cl₂/l wody przyrząd może znaleźć zastosowanie przy kontroli procesu dezynfekcji wody odzyskanej ze ścieków. Dla szerszego zastosowania przyrząd wymaga modernizacji oraz rozszerzenia zakresu.
- 3.2.8. Pomiar wilgotności osadu pierwotnego, wtórnego, przefermentowanego, pokoagulacyjnego należy prowadzić najbardziej przydatną metodą opartą na efekcie tłumienia fali ultradźwiękowej w zależności od uwodnienia osadu. Natomiast do pomiaru wilgotności osadu czynnego najbardziej przydatna jest metoda fotometryczna przy wykorzystaniu specjalnie cechowanych mętnościomierzy /Sigrist-Photometr/. Obie metody w warunkach polskich wymagają opracowania wilgotnościomierzy od podstaw. Do czasu uruchomienia krajowej produkcji, którą zainteresowane są "CTK" i "Techpan" nie widzi się konieczności sprowadzania aparatury z importu.
- 3.2.9. Jako ilustrację całego rozdziału o aparaturze dołącza się schematy oprzyrządowania urządzeń dla poszczególnych procesów technologicznych (rys. 1, 2, 3, 4).

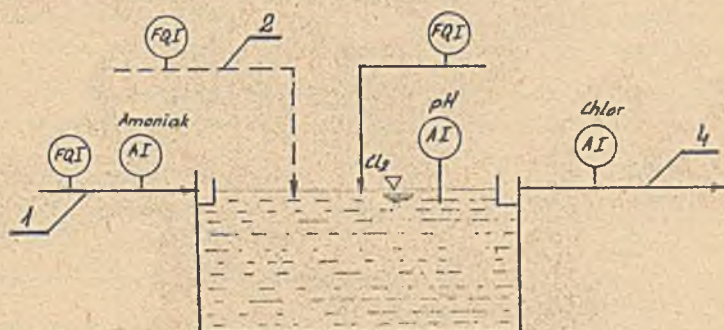
a) W procesie osadu czynnego



b) W procesie wydzielonej nitrifikacji

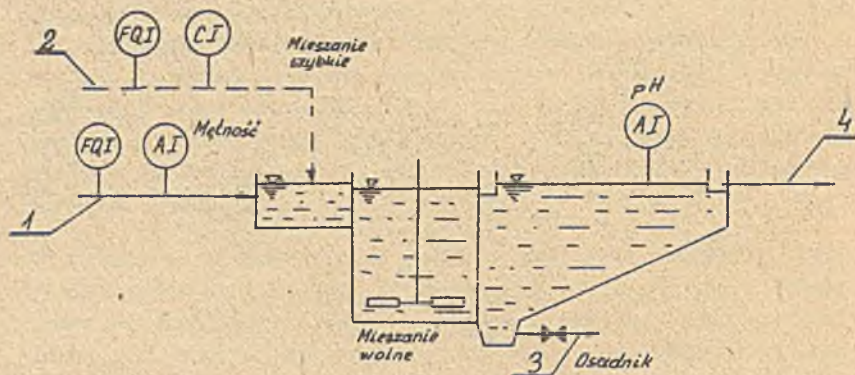


c) W procesie chlorowania do punktu przełamania



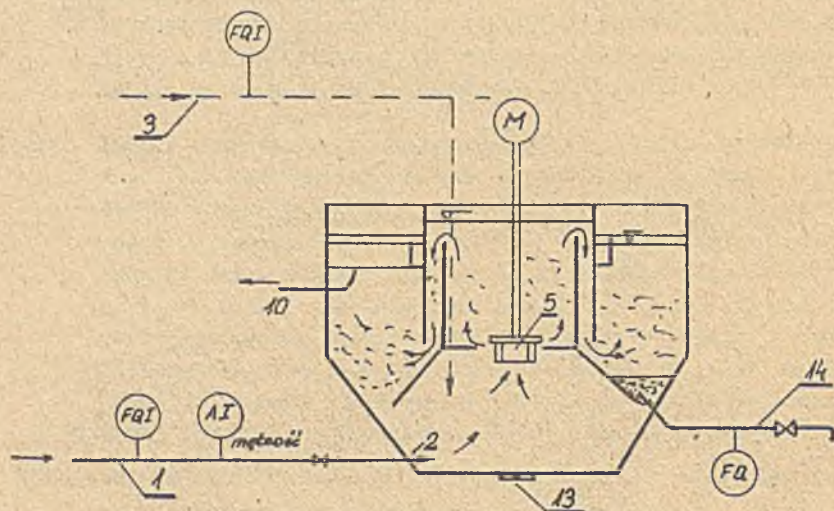
Rys.1. Oprzyrządowanie układów do nitrifikacji ścieków

1. Dopływ ścieków; 2. Roztwory reagentów; 3. Rurociąg powietrza;
4. Odpływ ścieków do nitrifikacji.



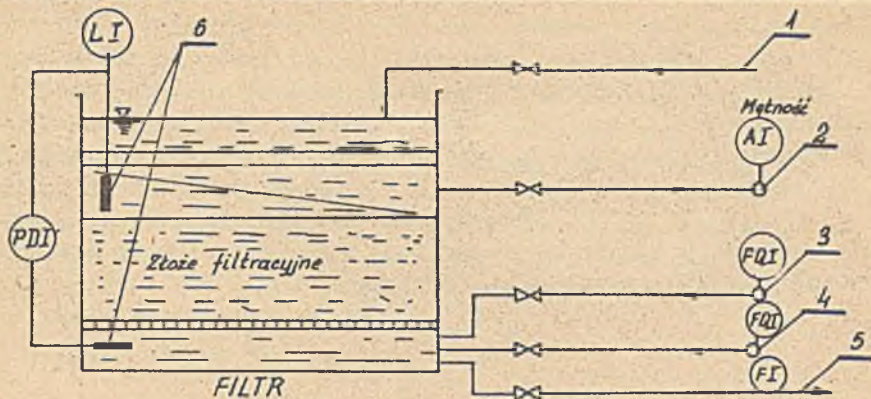
Rys.2. Oprzyrządowanie układu koagulacji klasycznej.

1 - dopływ ścieków ; 2 - roztwory reagentów ; 3 - spust osadów ;
4 - odpływ po koagulacji .



Rys.3. Oprzyrządowanie akcelatora

1 - rurociąg wody surowej ; 2 - dysza ; 3 - roztwory reagentów ;
5 - pompa, mieszadło ; 10 - odpływ wody sklarowanej z rynien ;
13 - spust wody z akcelatora ; 14 - spust osadu.



Rys.4. Oprzyrządowanie filtru

1 - Rurociąg wody surowej ; 2 - rurociąg wody popłucznej ; 3 - rurociąg wody płucznej ; 4 - rurociąg powietrza płuczającego ; 5 - rurociąg wody przefiltrowanej ; 6 - sondy do hydrostatyczno-pneumatycznego pomiaru poziomu wody i oporności złoża filtracyjnego.

4. Zakres automatyzacji procesu zależy w dużym stopniu od efektów, jakie zamierzamy uzyskać oraz dostępnej aparatury kontrolno-pomiarowej i elementów układów automatyki. Wychodząc z założenia, że w konkretnym przypadku automatyzacja winna zapewnić :

- utrzymanie na założonym poziomie jakości uzyskiwanego produktu,
- odciążenie obsługi od częstych i cyklicznie powtarzalnych prac fizycznych,
- zmniejszenie kosztów odczynników,
- ograniczenie ilości obsługi eksploatacyjnej na koszt wysokokwalifikowanej kadry dla utrzymania i konserwacji urządzeń

proponuje się wprowadzenie automatycznej regulacji następujących procesów technologicznych lub wybranych operacji :

w procesie nitryfikacji :

- napowietrzania,
- dawkowania metanolu,
- chlorowania do punktu przełamania ;

w procesie koagulacji :

- dawkowania reagentów w szczególności siarczanu glinu i wapna ;

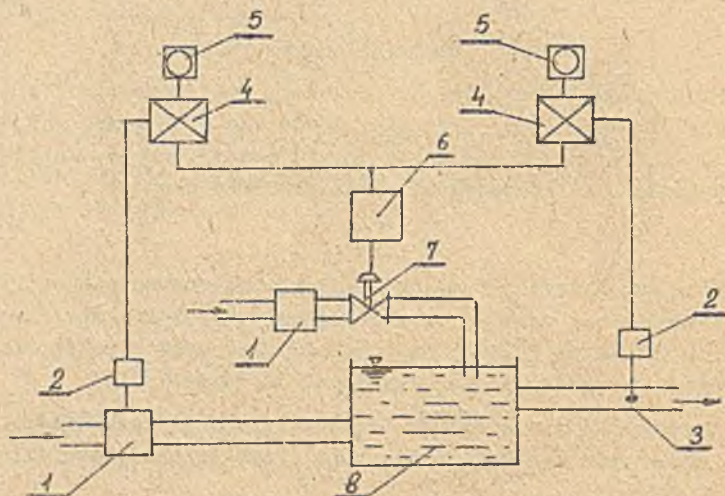
w procesie filtracji :

- szybkości filtracji,
- płukania filtrów ;

w procesach transportu ścieków i osadów :

- uruchamiania i wyłączania pompowni ścieków i osadów.

- 4.1. Większość wymienionych procesów opiera się na czynności dawkowania odczynników. Najbardziej rozpowszechniony jest układ, w którym wiodącą proces będzie objętość przepływu, która wspólnie z parametrami zanieczyszczeń decyduje o ilości odczynników dozowanych w procesie uzdatniania. Schemat taki przedstawia kombinację dwóch układów regulacji, systemu proporcjonalnego dozowania do ilości przepływu i regulatora korygującego dawkę według żądanej wielkości parametru wiodącego.



Rys.5. Schemat układu proporcjonalno-jakościowego dozowania

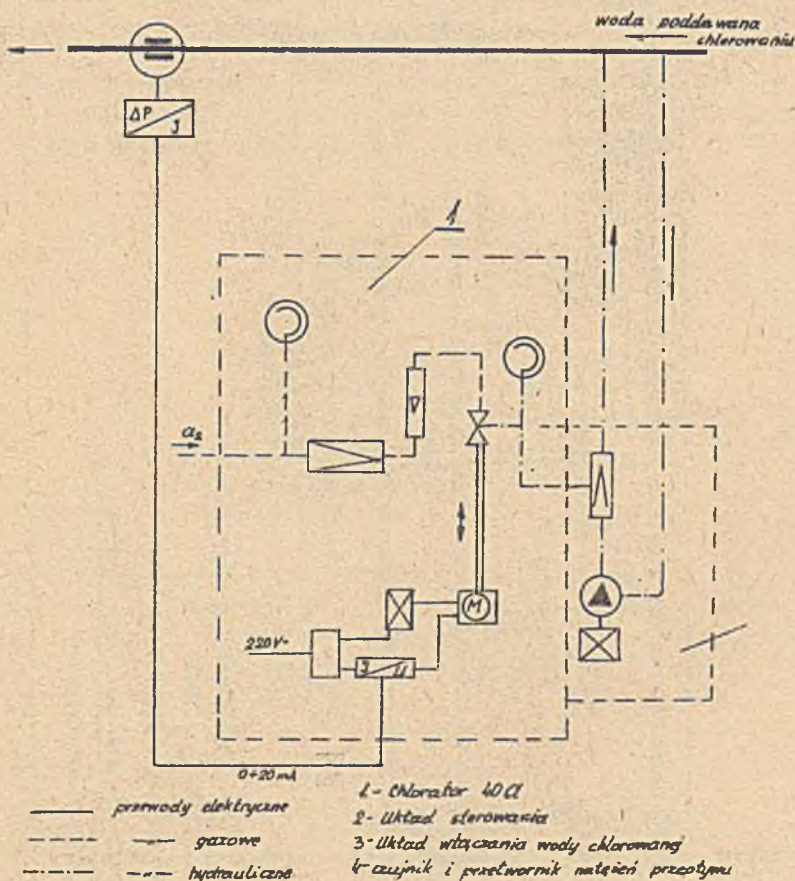
- 1 - nadajnik przepływomierza ; 2 - przetwornik impulsów ;
 3 - czujnik przyrządu kontrolnego ; 4 - regulator ; 5 - zadajnik ;
 6 - przetwornik ; 7 - urządzenie wykonawcze dozatora ; 8 - mieszacz.

Sytuacja się komplikuje przy koagulacji. Efektem prawidłowej koagulacji jest wytrącenie zawiesiny kontrolowanej parametrem mętności uzyskiwanym po czasie opadalności rzędu 1-2 godz. W tej sytuacji wydaje się najszluszniejszym zastosowanie po mieszaczach filtrów pilotujących pomiaru mętności wody jako parametru wiodącego.

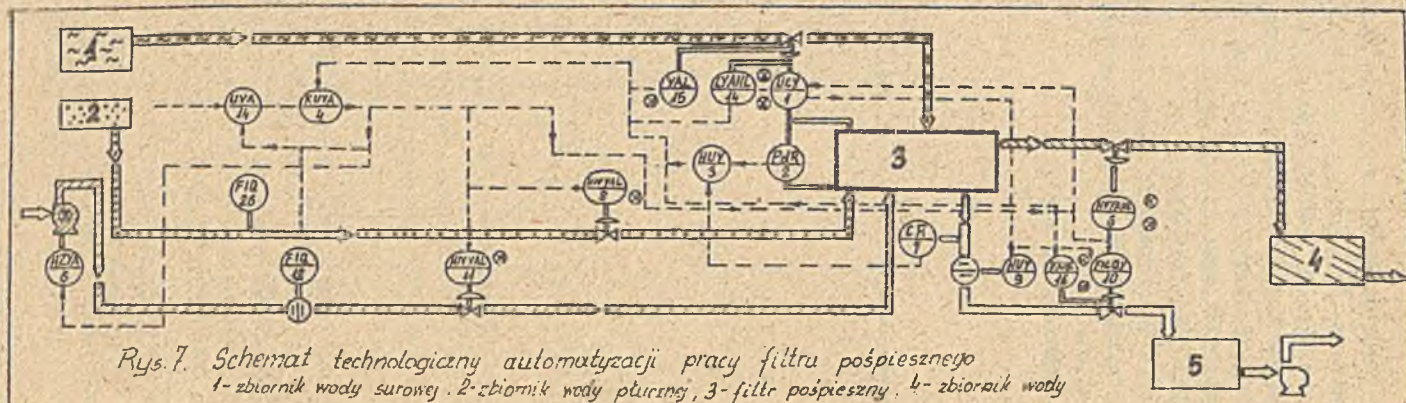
W tym miejscu należy wspomnieć o urządzeniach dozujących, które ostatnio ograniczają się do importowanych pomp tłokowych o zmiennym skoku. Warto by przypomnieć cały szereg sprawdzonych konstrukcji urządzeń dozujących, które winny znaleźć zastosowanie. Są to:

- dozatory działające na zasadzie dzielenia strugi na przelewie,
- zbiorniki dozujące z otworem o zmiennym przekroju,
- pompy trybowe (zębate) z regulowaną ilością obrotów,
- zawory regulacyjne, między innymi diafragmowe.






4.2. Jedną z operacji w grupie dozowania roztworów odczynników jest automatyzacja chlorowania, która stała się aktualna w warunkach krajowych wobec podjęcia przez PoWoGaz produkcji chloratorów z samoczynnym sterowaniem typ 40Cl. Chlorator można sterować przy pomocy układu ustalającego przepływ gazu w funkcji natężenia przepływu medium chlorowanego i nastawionej dawki jednostkowej lub alternatywnie miernikiem wolnego chloru. Przewiduje się stosowanie pierwszego układu dla wstępnego chlorowania ścieków przy denitryfikacji, zaś drugiego układu w warunkach dezynfekcji wody z odnowy. Schemat układu przedstawiono na rys.6.



Rys.6. Układ regulacji chlorowania.



Rys. 7. Schemat technologiczny automatyzacji pracy filtra póspiesznego
 1- zbiornik wody surowej, 2- zbiornik wody pólucznej, 3- filtr póspieszny, 4- zbiornik wody pólucznej, 5- zbiornik wody czystej

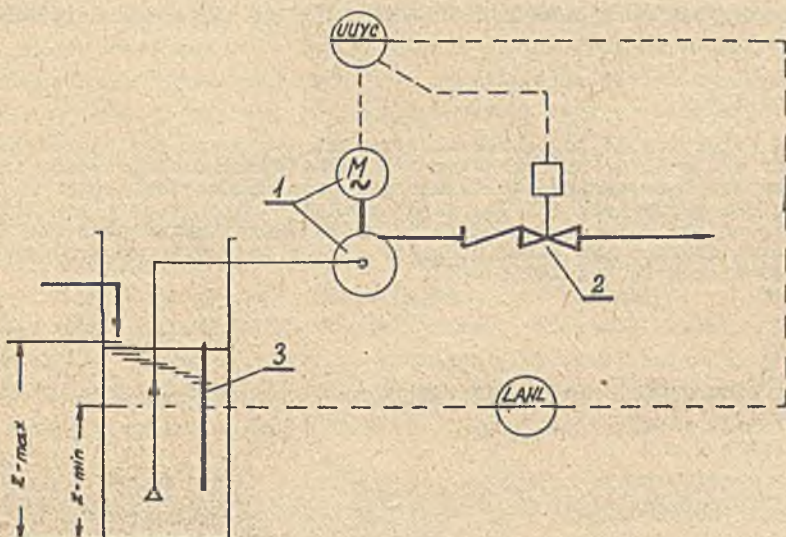
-  - woda surowa
-  - woda póluczna
-  - powietrze
-  - woda póluczna
-  - woda czysta

4.3. Automatyzację pracy filtrów pospiesznych proponuje się w układzie pneumatycznym, co nie wyklucza przy tym samego schemacie podstawowym stosowania układów elektrycznych czy hydraulicznych. Zakres automatyzacji obejmuje :

- samoczynną regulację wydajności filtru, przy założonym stałym poziomie wody na filtrze, poprzez dławienie przepustnicy na rurociągu wody filtrowanej,
- wyłączenie filtru z pracy na sygnał z miernika oporności złoża lub mętnościomierza oraz włączenie do płukania,
- automatyczne płukanie według programu czasowego,
- włączenie filtru do pracy po płukaniu również według programu czasowego z uwagi na uspokojenie się złoża.

Schemat technologiczny procesu z naniesionymi obwodami regulacji i sterowania pokazany jest na rys.7.

4.4. Automatykacja pompowni w zależności od poziomu ścieków lub osadów w studni czerpalnej jest jednym z bardzo prostych rozwiązań, o czym świadczy schemat podany na rys.8.



Rys.8. Schemat automatyzacji pompowni

1 - agregat pompowy ; 2 - zasuwa sterowana ; 3 - wskaźnik poziomu.

W dogodnych warunkach można zrezygnować ze sterowania zasuwą i ustawić sterowanie bezpośrednio na linii poziom - silnik.

5. Podsumowanie całości sprowadza się do następujących wniosków :
- 1/ istnieje zasadnicza możliwość wyposażenia stacji odnowy wody w aparaturę kontrolno-pomiarową na bazie produkcji krajowej z wyjątkiem mętnościomierzy i wag pierścieniowych produkcji WRL i NRD.
 - 2/ Istnieje możliwość automatyzacji pracy wybranych węzłów technologicznych w oparciu o krajową produkcję urządzeń.
 - 3/ Pełną automatyzację pracy stacji odnowy ze sterowaniem centralnym ewentualnie komputerowym uważa się w chwili obecnej za przedwczesną. Dopiero wyniki pracy automatyki odcinkowej i ich ocena mogą stanowić podstawę do wnioskowania rozszerzenia zakresu automatyzacji.

LITERATURA

- [1] Dohnalik K., Nowak T. : "Dobór aparatury kontrolno-pomiarowej oraz propozycje automatyzacji wycinkowej procesu odnowy wody ze ścieków miejskich". Instytut Kształtowania Środowiska O/Kraków 1978. Praca naukowo-badawcza.

THE EVALUATION OF THE CONTROL POSSIBILITIES OF THE WATER TREATMENT PLANT

S u m m a r y

The selection of the check-measurement equipment for stabilization and for the control of the water treatment process is proposed in this paper. The equipment is discussed in order to the group of the mechanical parameters and physical chemistry parameters. Than the example of the automatic control is shown there taking care for the reagents, dosing. The block diagrams of the automatic control systems are restricted to the basic one.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СТАНЦИЕЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВОДЫ

Р е з ю м е

В статье, после определения отдельных технологических узлов процесса восстановления воды, предложено подбор контрольно-измерительных приборов необходимых для стабилизации и управления процессом. Проведено анализ приборов для измерения механических и физикохимических величин. Предложено автоматическое управление и регулирование с учётом дозирования реагентов. Блок схемы схем автоматизации ограничено до основных величин.