

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

89 052

Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 03.07.72 (P. 156461)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 01.02.74

Opis patentowy opublikowano: 31.12.1977

MKP G01f 13/00

Int. Cl.² G01F 13/00

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórca wynalazku: Jerzy Makowski

Uprawniony z patentu: Polska Akademia Nauk Instytut Budownictwa
Wodnego, Gdańsk, (Polska)

Radiometryczny sposób automatycznego pomiaru natężenia przepływu w ciekach

1

Przedmiotem wynalazku jest radiometryczny sposób automatycznego pomiaru natężenia przepływu w ciekach, mający zastosowanie do jednoczesnych pomiarów okresowych w kilku punktach węzła hydrologicznego dla rozpoznawania bilansu wodnego tego rejonu lub zlewni, oraz automatycznego, zdalnie sterowanego pomiaru w trudno dostępnych odcinkach cieku i na odcinkach, na których zachodzą szybkie i trudnouchwytnie zmiany natężenia przepływu.

Stosowano dotychczas metody pomiaru rozkładu prędkości w wybranym przekroju przy pomocy młynka hydrometrycznego, których ograniczenia w stosowalności dotyczą pomiarów szczególnie w warunkach nieuregulowanych rzek górskich przy średnich i niskich stanach wody, przy dużej burzliwości cieku i w niedostępnych miejscach do cieku.

Inny znany sposób, to sposób przelewów pomiarowych, który nadaje się dla cieków o niewielkich przepływach i o nieznacznej burzliwości i to tylko na regularnych odcinkach cieku.

Znane także są sposoby chemiczny i kalorymetryczny — znacznikowy, nadający się do cieków o niewielkich przepływach i nieznacznym zanieczyszczeniu.

Wspólną wadą tych sposobów jest niemożność zautomatyzowania pomiaru, co ma istotne znaczenie przy prognozowaniu w okresie przepływu wiel-

2

kich wód. Znane są także radiometryczne sposoby pomiarów natężenia przepływu w ciekach. Wśród dotychczas stosowanych sposobów pomiaru natężenia przepływu za pomocą radioizotopów znane są następujące metody: rozcieńczenia, ciągłego pobierania próbek wody, całkowitej liczby zliczeń, pojedynczej próby, pomiaru pośredniego oraz strumienia rozgałęzionego.

Metoda rozcieńczenia polega na porównaniu stężenia znacznika wprowadzonego przy stałym i známym wydatku do cieku ze stężeniem próbek wody pobranych w przekroju cieku, gdzie nastąpiło już całkowite wymieszanie znacznika w całym przekroju poprzecznym koryta. Metoda ta jest niezależna od prędkości przepływu, rozmiarów koryta cieku i możliwych różnic w tych rozmiarach. Wymaga jednak ona zastosowania iniektora roztworu o stałym wydatku.

W metodzie ciągłego pobierania próbek wody stosuje się iniekcję punktową całej objętości roztworu radioaktywnego. W takim przypadku całkowita objętość wody mijająca dany punkt pomiarowy jest związana z natężeniem przepływu

Metoda impulsowa lub inaczej zwana metodą całkowitej liczby zliczeń, oparta jest na punktowej iniekcji traseru i ciągłym pomiarze stężeń bezpośrednio w cieku za pomocą zanurzonego detektora. Iniekując punktowo do cieku znaną porcję radioaktywnego traseru wytwarza się w płynącej wodzie

obłok, który w wyniku wzdłużnej i poprzecznej dyspersji zmienia swoje stężenie w czasie. Aby móc wykonywać pomiary bezpośrednio w cieku, należy wyznaczyć zależność natężenia promieniowania od stężenia traseru w wodzie.

Wyznaczenie stałej kalibracji w warunkach odpowiadających geometrii pomiaru w cieku stanowi wielką trudność. Dlatego w miejscu, w którym należało by postawić detektor, wkłada się rurę ssącą połączoną z pompą i komorą pomiarową w której zanurzony jest detektor. Przez komorę tę przepompowuje się ze stałym wydatkiem wodę z cieku. Cechowanie takiego zestawu pomiarowego przy pomocy roztworu radioaktywnego o znanej aktywności nie przedstawia trudności.

Metoda pojedynczej próby jest rozwinięciem metody Hulla (całkowitej liczby zliczeń), z której usunięto jej główne wady związane z trudnością cechowania zestawu pomiarowego. Polega ona na punktowej iniekcji traseru do cieku i ciągłym pomiarze natężenia promieniowania detektorem zanurzonym w tym cieku. W chwili przepływu traseru przez punkt pomiarowy pobiera się próbkę wody i zaznacza się dokładną wartość natężenia promieniowania w chwili poboru. Natężenie promieniowania w cieku w chwili pobrania próbki jest związana ze stężeniem traseru w próbce. Średnie natężenie promieniowania (I_s) jakie wyznaczy detektor zliczający całkowitą liczbę impulsów w czasie (T) przepływu traseru przez punkt pomiarowy, określone jest równaniem

$$I_s = \frac{\int I dt}{T} = \frac{N}{T}$$

Wartość ta jest proporcjonalna do iloczynu średniego stężenia znacznika C_s i tego samego współczynnika proporcjonalności. Średnie stężenie traseru podczas czasu przepływu jest określone zależnością

$$C_s = C_p \frac{I_s}{I_p}$$

W ten sposób został wyrugowany współczynnik proporcjonalności. Stężenie C_p w pobranej próbce określa się w sposób porównawczy za pomocą tego samego detektora, którym mierzono natężenie promieniowania w cieku. Najpierw zanurza się detektor w pojemniku gdzie znajduje się pobrana próbka i dokonuje się pomiaru natężenia promieniowania. Następnie do tej próbki wody dodaje się znaną, niewielką aktywność radioizotopu, stanowiącą część aktywności iniekowanego do cieku traseru i mierzy się ponownie natężenie promieniowania.

Metoda pomiaru pośredniego opiera się na pomiarze na wyznaczonym odcinku, prędkości cieku i następnie wyliczeniu z odpowiedniej zależności aktualnego natężenia przepływu. Prędkość przepływu iniekowanego punktowo traseru można wyznaczyć przez mierzenie czasu przepływu w paru kolejnych punktach cieku rozmieszczonych w stałych, kilkumetrowych odstępach lub przez oblicze-

nie średniego przepływu przez cały odcinek z wyników pomiarów czasu przepływu traseru. Na dokładność pomiarów natężenia przepływu tą metodą ma duży wpływ dokładność pomiaru czasu przepływu traseru.

Metoda strumienia rozgałęzionego jest modyfikacją wyżej opisanych metod, przystosowując je do pomiarów na ciekach o dużej szerokości. Polega ona na iniekcji punktowej lub ciągłej powyżej rozgałęzienia cieku i to w takiej odległości, by całkowite poprzeczne wymieszanie nastąpiło jeszcze przed rozgałęzieniem. Pomiaru jedną z wyżej wymienionych metod dokonuje się w jednej z odnóg. Jeżeli całkowite wymieszanie ma miejsce przed rozgałęzieniem, wtedy pomiary w dół cieku w każdej odnodze dadzą wartość natężenia przepływu w głównym cieku przed rozgałęzieniem.

Spośród wyżej wymienionych metod nie można wyróżnić metody, która by w pełni odpowiadała wymogom metody rutynowej, nadającej się do stosowania na ciekach o różnych warunkach hydrologicznych. Metoda ciągłego poboru próbek wymaga kłopotliwych urządzeń do ciągłych iniekcji. Pomiary tą metodą są mniej zależne od punktu pobierania próbki i nie wymagają ustalenia stałej koncentracji. Przez zmieszanie pobranych próbek podczas przechodzenia traseru w punkcie poboru próbek, pojedynczy pomiar wystarcza do określenia natężenia przepływu.

W warunkach dużej dyspersji traseru są trudności w ustaleniu rejonu jednolitej koncentracji i wtedy metoda pierwsza nie daje rezultatu, natomiast metoda ciągłego poboru próbek daje prawidłowe wartości w każdym punkcie, w którym nastąpiło całkowite wymieszanie. Ponadto metoda rozcieńczenia zależy bezwzględnie od pobierania próbek podczas okresu stałej koncentracji, natomiast w metodzie ciągłego pobierania próbek takie ograniczenie nie jest konieczne, gdyż wystarczy przybliżona znajomość rozkładu traseru. Próbkę w tym przypadku muszą być pobierane przed przybyciem traseru i dalej kontynuowane aż do chwili szacunkowego czasu przepływu.

Główną wadą metody całkowitej liczby zliczeń jest mała dokładność wyników, spowodowana krótkim okresem przepływu traseru i stąd konieczność stosowania detektora o dużej czułości oraz elektronowego zestawu pomiarowego o wysokiej stabilności pracy.

Metoda pomiaru pośredniego, z uwagi na konieczność wyznaczenia przed pomiarem kilku stałych i ze względu na konieczność użycia kilku zestawów pomiarowych, nie jest praktyczna w pomiarach rutynowych.

Pomiary natężenia przepływu cieku metodami radiometrycznymi wymagają, by traser iniekowany w sposób punktowy lub ciągły był dokładnie wymieszany z wodą przepływającą w całym przekroju cieku jeszcze przed punktem pomiarowym.

Długość mieszania, to znaczy najmniejsza odległość, w której przeniesiona przez element objętości masa i stężenie znacznika w każdym punkcie

przekroju poprzecznego są wyrównane, zależy od wielu czynników wpływających na dyspersję traseru w cieku. Do czynników tych zaliczamy dyfuzję i dyspersję hydrodynamiczną, na którą mają wpływ: gęstość i szerokość cieku, jego spadek, głębokość i prędkość oraz wielkość natężenia przepływu. Ponadto dyspersja hydrodynamiczna zależy od natury koryta cieku, a więc poprzecznej i podłużnej nieregularności i nierówności oraz od sposobu i miejsca iniekcji traseru.

O wyborze radioizotopu jako traseru do badań przepływu w ciekach decydują takie jego własności jak: sorpcja na zawiesinach i osadach w danym cieku, rozpuszczalność i stabilność chemiczna w wodzie, okres połowicznego rozpadu, rodzaj energii oraz procentowy wydatek emitowanego promieniowania, stopień radiotoksyczności określony jako maksymalnie dopuszczalny poziom stężenia danego radioizotopu w wodzie pitnej, energetyczna wydajność danego radioizotopu określona mocą dawki promieniowania od źródła jednostkowego na jednostkę powierzchni, sposób otrzymywania izotopu w danym kraju.

Idealny wskaźnik promieniotwórczy nie powinien ulegać adsorpcji na cząsteczkach zawiesin i osadów danego cieku. Energia jego promieniowania winna być dostatecznie wysoka by ułatwić jego wykrywalność w gruncie, a czas połowicznego rozpadu powinien być odpowiednio dobrany do czasu trwania jednorazowego badania. Powinien on tworzyć z innymi pierwiastkami odpowiednie związki, rozpuszczalne i stabilne w wodzie. Nie powinien on należeć do wysokich grup radiotoksyczności by jego minimalne wykrywane stężenie w ostatnich punktach pomiarowych mogło się mieścić w granicach dopuszczalnego poziomu stężenia w wodzie pitnej.

W radiometrycznych metodach stosowane są jako traser następujące radioizotopy: tryt ^3H , sód ^{24}Na , fosfor ^{32}P , chrom ^{51}Cr , brom ^{82}Br , itr ^{90}Y , jod ^{131}I , złoto ^{198}Au ; spośród nich najlepsze własności do badań rutynowych wykazuje brom ^{82}Br , a jedynym jego zastępcą może być jod ^{131}I .

Aktywność iniekowanego traseru należy tak dobrać by w punktach całkowitego wymieszania, to znaczy w punktach pomiarowych, stężenie tego traseru było większe od minimalnie wykrywanej aktywności za pomocą dostępnych w czasie badań detektorów promieniowania. Jednocześnie, w przypadku gdy na odcinku badanym jest punkt poboru wody pitnej, stężenie nie może w tym punkcie przekroczyć maksymalnie dopuszczalnej koncentracji dla danego radioizotopu w wodzie pitnej.

Przedstawione powyżej stosowane dotychczas metody radiometryczne pomiaru natężenia przepływu nie spełniają warunków metody rutynowej nadającej się do pomiarów w okresie powodzi.

Celem wynalazku jest opracowania radiometrycznego sposobu automatycznego pomiaru natężenia przepływu w ciekach, który byłby pozbawiony wad stosowanych dotychczas sposobów.

Istota wynalazku polega na tym, że do cieku iniekuje się punktowo lub w większym cieku jednocześnie w kilku punktach tego samego przekroju traser radioaktywny lub stabilny i w odległości pełnego wymieszania wód danego cieku wykonuje się pomiar pompowanej wody przez naczynie pomiarowe, w którym znajduje się detektor, a w przypadku traseru stabilnego detektor i źródło neutronów.

Iniekcję traseru wykonuje się automatycznie z iniektora umieszczonego nad środkiem lub brzegiem cieku, a dla cieków o dużej szerokości jednocześnie z kilku iniektorów równomiernie założonych w przekroju cieku.

Dla cieków o dużej różnicy natężenia przepływu zakłada się 2 do 4 przekroje, czyli punkty iniekcji w różnych odległościach ustalonych doświadczalnie dla danego cieku.

Jako traser stosuje się radioizotopy o krótkim lub średnim okresie połowicznego zaniku, zwłaszcza takie jak brom ^{82}Br , chrom ^{51}Cr , jod ^{131}I i żelazo ^{51}Fe , które zakłada się do automatycznych iniektorów w przeddzień lub kilka dni przed zamierzonym pomiarem. Stosuje się też radioizotopy o bardzo krótkim okresie połowicznego rozpadu otrzymane na chwilę przed iniekcją z odpowiedniego generatora radioizotopowego umieszczonego w iniektorze. Ponadto stosuje się też izotopy trwałe o dużym przekroju czynnym jąder na pochłanianie neutronów i wykrywane metodami radiometrycznymi.

Pomiaru natężenia przepływu dokonuje się przez pomiar stężenia traseru w ciągu całego czasu jego przepływu przez punkt pompowania umieszczony w danym cieku w miejscu całkowitego wymieszania znacznika korzystając z zależności

$$Q = R \frac{I_s}{N} \quad (1)$$

gdzie Q — natężenie przepływu

$$R = \frac{V}{K}$$

V — objętość czynna naczynia pomiarowego
 K — stosunek aktywności standartowej do aktywności iniekowanej do cieku

I_s — natężenie promieniowania jakie otrzymuje się od standartowej porcji traseru równomiernie rozprowadzonego w objętości czynnej naczynia pomiarowego

N — całkowita liczba zliczeń zarejestrowana podczas przejścia traseru przez punkt pomiarowy.

Przedmiot wynalazku zostanie objaśniony z wykorzystaniem rysunku, którego fig. 1 przedstawia szkic ustawienia przekroju iniekcji traseru oraz przekroju pomiaru w cieku, fig. 2 — szczegółowy szkic sytuacyjny przekroju iniekcji, fig. 3 — szczegółowy szkic sytuacyjny przekroju pomiaru, fig. 4

— wykres stanowiący krzywą dyspersji znacznika w funkcji odległości przepływu L z uwzględnieniem rozkładu koncentracji znacznika w funkcji czasu w wybranych punktach cieku, fig. 5 — rozmieszczenie detektorów w przekroju pomiaru z nanieśieniem krzywych przepływu znacznika.

Stosując sposób według wynalazku stosuje się punktową iniekcję traseru, a potem pomiar pompowanej wody z przekroju pełnego wymieszania wód danego cieku. Iniekcję można wykonać za pomocą automatycznego iniektora umieszczonego nad środkiem lub brzegiem cieku. Dla cieków o dużej szerokości należy założyć kilka iniektorów, dla wprowadzenia całej porcji traseru. Jako traseru można użyć:

1. Radioizotopy o krótkim lub średnim okresie połowicznego zaniku jak ^{82}Br w postaci KBr , ^{131}I w postaci NaI , ^{51}Cr w postaci Na_2CrO_4 lub w $\text{CrCl}_3 + \text{EDTA}$ i ^{59}Fe w postaci $\text{FeCl}_3 + \text{EDTA}$. W takim przypadku odpowiednie porcje radioizotopów zakładać trzeba do iniektorów w przeddzień lub na kilka dni przed zamierzonym pomiarem.

2. Radioizotopy o bardzo krótkim okresie połowicznego rozpadu otrzymywane na chwilę przed iniekcją z odpowiedniego generatora radioizotopowego, umieszczonego w iniektorze.

3. Izotopy trwałe, o dużym przekroju czynnym jąder na pochłanianie neutronów. W tym przypadku może być użyty gadolin Gd w postaci $\text{GdCl}_3 + \text{EDTA}$ lub kadm Cd w postaci $\text{CdCl}_2 + \text{EDTA}$.

Wybór jednej z podanych grup trasera zależy od dostępności do cieków osób postronnych na odcinku pomiaru, istnienia na tym odcinku miejsc poboru wody dla celów pitnych i przemysłowych i od możliwości dostarczenia traseru do punktów iniekcji na przewidywane okresy pomiarów. Wybór traseru na obrębie danej grupy zależy szczególnie od jego dostępności i kosztów. Doboru aktywności czy ilości należy dokonać eksperymentalnie, wykonując pomiary przy różnych stanach wody dla stałej, szacunkowo dobranej aktywności.

Punkt pomiaru trzeba zakładać na wybranym z góry miejscu danego cieku. Natomiast punkt iniekcji umieścić w takiej odległości od punktu pomiaru, by jeszcze na 20 m. przed nim nastąpiło pełne wymieszanie. Ustalenie miejsc iniekcji należy wykonać eksperymentalnie dla maksymalnych, średnich i niskich stanów wody w cieku, posługując się co najmniej trzema zestawami detekcyjnymi. Odległość mieszania należy przyjąć za dostateczną, jeśli dla jednakowych trzech zestawów detekcyjnych, umieszczonych w trzech równo oddalonych od siebie w przekroju cieku miejscach, otrzymane krzywe przepływu znacznika posiadają zbliżone powierzchnie

$$S_1 \sim S_2 \sim S_3$$

to znaczy, dla których

$$N_1 \sim N_2 \sim N_3$$

$$\text{gdzie } N = \int_{t_1}^{t_2} I dt$$

dla każdego z detektorów, a czas $T = t_2 - t_1$ to czas przepływu znacznika przez punkt pomiaru.

W razie znaczniejszych różnic w natężeniu przepływu, powodujących znaczne wydłużenie odcinka pełnego wymieszania, należy na takim cieku zakładać kilka punktów iniekcji. Ustalenie miejsc iniekcji należy wykonać eksperymentalnie dla maksymalnych, średnich i niskich stanów wody w cieku, posługując się co najmniej trzema zestawami detekcyjnymi.

Na punkcie pomiarowym instaluje się pompę wodną, przetłaczającą wodę przez przepływowe naczynie pomiarowe o pojemności kilku litrów z zamocowanym centralnie detektorem połączonym z odpowiednim zestawem pomiarowym, którego rodzaj zależy od przyjętego sposobu rejestracji i zdalnego przesyłania wyników. Przewód ssący należy umieścić w zależności od warunków miejscowych pośrodku lub w pobliżu brzegu cieku. Detektor należy umieścić tak, by cała jego część czynna stykała się z przetłaczaną wodą. Do naczynia pomiarowego zamocowuje się iniektor zestawu standardowego, który po zakończeniu pomiaru pompowanej wody iniekuje ściśle określoną porcję (aktywność) traseru dla dokonania porównania wartości uprzednio zmierzonych z wartością otrzymaną od ściśle określonego stężenia danego traseru.

Punkt iniekcji jest sterowany odpowiednią aparaturą umieszczoną w punkcie pomiarowym, gdzie w chwili iniekcji włączony zostaje elektronowy licznik czasu, wyłączany w momencie gdy krzywa przepływu przekracza swą wartość maksymalną. Tak zmierzona wartość czasu, po uwzględnieniu poprawki na przepływ w przewodzie, może być rejestrowana lub zdalnie przekazywana dla obliczenia aktualnej średniej prędkości na tym odcinku.

Pomiar natężenia przepływu w tej metodzie polega na pomiarze stężenia traseru w ciągu całego czasu jego przepływu przez punkt pompowania umieszczony w danym cieku w miejscu całkowitego wymieszania znacznika. Całkowita objętość (V) wody, mijająca przekrój cieku w punkcie pomiarowym jest związana z natężeniem przepływu (Q) w danym miejscu zależnością

$$V = Q t \quad (2)$$

$$\text{stad } dV = Q dt \quad (3)$$

$$\text{a więc } C_0 V_0 = Q \int_{t_1}^{t_2} C dt \quad (4)$$

gdzie $t_2 - t_1 = T$ czas trwania przepływu znacznika przez punkt pomiarowy liczony od momentu pojawienia się pierwszych jego śladów do momentu, w którym natężenie promieniowania osiągnie poziom bliski poziomowi tła. Iloczyn ($C_0 V_0$) to całkowita aktywność lub ilość (A) iniekowanego znacznika, dlatego

$$A = Q \int_{t_1}^{t_2} C dt \quad (5)$$

$$\text{lub } Q = \frac{A}{\int_{t_1}^{t_2} C dt} \quad (6)$$

Detektor promieniowania nie mierzy jednak stężenia traseru, a jedynie natężenie emitowanego przez niego promieniowania, które jest związane ze stężeniem traseru zależnością

$$I = FC \quad (7)$$

F — współczynnik proporcjonalności zwany współczynnikiem kalibracji danego detektora w danych warunkach geometrycznych pomiaru dla danego radioizotopu. Stąd wzór (6) można przedstawić

$$Q = \frac{A}{\frac{1}{F} \int_{t_1}^{t_2} Idt} = \frac{AF}{\int_{t_1}^{t_2} Idt} \quad (8)$$

Jeśli przez (K) oznaczymy stosunek aktywności standardowej (A_s) do aktywności iniekowanego (A) do cieku

$$K = \frac{A_s}{A}$$

to wzór (8) przyjmie postać

$$Q = \frac{A_s F}{K \int_{t_1}^{t_2} Idt} \quad (9)$$

We wzorze tym całka jest określona przez całkowitą liczbę zliczeń (N) zarejestrowaną na przeliczniku podczas przejścia traseru przez punkt pomiarowy w czasie $T = t_2 - t_1$

$$N = \int_{t_1}^{t_2} Idt \quad (10)$$

W ten sposób wzór (9) przyjmie postać

$$Q = \frac{A_s F}{K N} \quad (11)$$

Jeżeli aktywność standardową (A_s) równomiernie rozprowadzimy po całej objętości naczynia pomiarowego (V), wówczas (C_s) określać będzie stężenie standardowe

$$A_s = C_s V \quad (12)$$

Stosując wzór (7), wartość stężenia standardowego można przedstawić

$$C_s = \frac{I_s}{F} \quad (13)$$

Gdy podstawimy wzór (13) do wzoru (11), otrzymamy

$$Q = \frac{I_s F V}{K N} \quad [\text{l/min}] \quad (14)$$

W ten sposób został wyrugowany współczynnik kalibracji zestawu pomiarowego, a wzór na obliczenie wartości natężenia przepływu przyjmie postać

$$Q = \frac{I_s V}{K N} \quad [\text{l/min}] \quad (15)$$

Ponieważ V i K mogą być z góry określone i jako stałe wartości mogą wchodzić do równania (15), dlatego równanie to przybiera ostatecznie postać

$$Q = R \frac{I_s}{N} \quad [\text{l/min}] \quad (16)$$

gdzie

$$R = \frac{V}{K} \quad (17)$$

A więc pozostają tylko dwie zmienne, które mogą być rejestrowane przez ten sam przyrząd pomiarowy (integrator) i następnie zdalnie przesyłane do punktu centralnego.

Sposób według wynalazku przewidziany jest dla stałych, odpowiednio wyposażonych punktów pomiarowych, rozmieszczonych na różnych odległościach większego cieku. Punkty te można łączyć w jednolity system pomiarowy, sterowany centralnie dla otrzymania jednoczesnych wyników z różnych odcinków cieku, w celu dokonania pełnej analizy stanu wodnego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Radiometryczny sposób automatycznego pomiaru natężenia przepływu cieków, **znamienny tym**, że do cieku iniekuje się punktowo lub w większym cieku jednocześnie w kilku punktach tego samego przekroju traser radioaktywny lub stabilny i w odległości pełnego wymieszania wód danego cieku wykonuje się pomiar pompowanej wody przez naczynie pomiarowe, w którym znajduje się detektor, a w przypadku traseru stabilnego detektor i źródło neutronów.

2. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że iniekcję traseru wykonuje się automatycznie z iniektora umieszczonego nad środkiem lub brzegiem cieku, a dla cieków o dużej szerokości jednocześnie z kilku iniektorów równomiernie założonych w przekroju cieku.

3. Sposób według zastrz. 1 albo 2 **znamienny tym**, że dla cieków o dużej różnicy natężenia przepływu zakłada się 2 do 4 przekroje czyli punkty iniekcji w różnych odległościach ustalonych doświadczalnie dla danego cieku.

4. Sposób według zastrz. 1 albo 2 albo 3 **znamienny tym**, że jako traser stosuje się radioizotopy o krótkim lub średnim okresie połowicznego zaniku zwłaszcza takie jak ^{82}Br , ^{51}Cr , ^{131}I i ^{51}Fe .

które zakłada się do automatycznych iniektorów w przeddzień lub na kilka dni przed zamierzonym pomiarem, lub też radioizotopy o bardzo krótkim okresie połowicznego rozpadu otrzymane na chwilę przed iniekcją z odpowiedniego generatora radioizotopowego, umieszczonego w iniektorze albo izotopy trwałe, o dużym przekroju czynnym jąder na pochłanianie neutronów i wykrywane metodami radiometrycznymi.

5. Sposób według zastrz. 1 albo 2, albo 3, albo 4 10
znamienny tym, że pomiaru natężenia przepływu dokonuje się poprzez pomiar stężenia traseru w ciągu całego czasu jego przepływu przez punkt pomiarowy umieszczony w danym cieku w miejscu całkowitego wymieszania znacznika, korzystając 15
z zależności

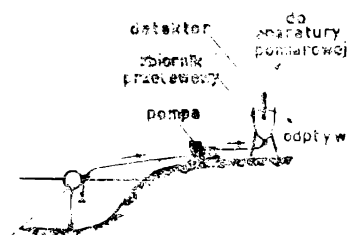


Fig. 3

$$Q = R \frac{I_s}{N}$$

gdzie Q = natężenie przepływu

$$R = \frac{V}{K}$$

V — objętość czynna naczynia pomiarowego,
 K — stosunek aktywności standardowej do aktywności iniekowanej do cieku

I_s — natężenie promieniowania jakie otrzymuje się od standardowej porcji traseru równomiernie rozprowadzonego w objętość czynnej naczynia pomiarowego

N — całkowita liczba zliczeń zarejestrowana podczas przejścia traseru przez punkt pomiarowy.

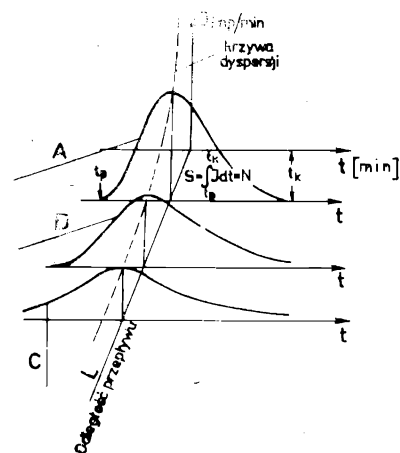


Fig. 4

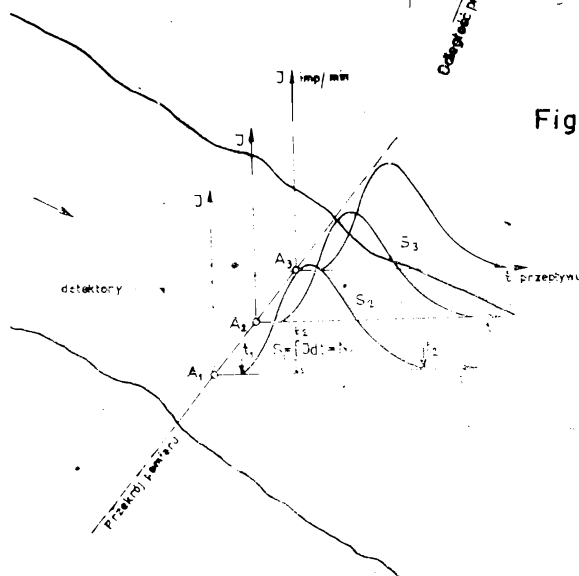


Fig. 5