

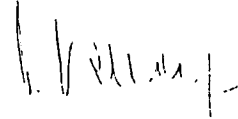
074

OŚRODEK MECHATRONIKI

A

Główny wykonawca

dr inż. Ryszard Sobczak



Wykonawcy:

dr inż. Ryszard Sobczak

.....
.....

Praca pt.

Opracowanie założeń na oprogramowanie narzędziowe i użytkowe systemu do wykrywania i lokalizacji przecieków w rurociągach (SWLP)

DOKUMENT WZORCOWY

Zleceniodawca

Komitet Badań Naukowych

Kierownik Ośrodka


mgr inż. Zbigniew Pilat

Z-ca Dyrektora ds. Bad.-Rozw


dr inż. Jan Jabłkowski

Pracę zakończono dnia 1997.11.15

Nr arch.

7562

Nr umowy 176/97

Spis treści

	Strona
1. Wstęp.	
2. Informacje i dane ogólne.....	1
3. Przygotowanie danych do procedur użytkowych.....	3
4. Kontrola zmiennych mierzonych.....	10
5. Kontrola wycieków z rurociągu.....	15
6. Monitorowanie informacji o procesie.....	36
7. Bibliografia.....	39

Załączniki: nr 1. Rozmieszczenie stacji pomiarowych oraz ich wysokość od pewnego poziomu odniesienia.
nr 2. Rozkład wysokości rurociągu.
nr 3. Parametry fizyczne tłoczonych mediów.
nr 4. Procedura XGU śledzenia granic rozdziału mediów oraz wykrywania i lokalizacji wycieków.

1. WSTĘP.

Aktualna umowa z PERN nr 2/96 z dn. 96.02.09 (zawieszona od ponad 16 miesięcy z powodu opóźnienia prac, które zobowiązał się wykonać Zamawiający) przewiduje, że jej efektem końcowym będzie sprecyzowanie gwarantowanych parametrów jakościowych SWLP (wrażliwość na wycieki oraz dokładność ich lokalizacji). Na tej podstawie PERN ma podjąć decyzję, czy zawrze z PIAP umowę na wdrożenie systemu. Wspomniane badania mają być przeprowadzone w laboratorium PIAP w oparciu o rzeczywiste pomiary na obiekcie, rejestrowane na dyskietkach. Dla umożliwienia tej rejestracji został wdrożony w PERN przez PIAP (we współpracy z COMRUN) system rejestracji i archiwizacji danych pomiarowych. Dane te pobierane są z systemu informatycznego PERN.

Niniejsze założenia dotyczą wersji wdrożeniowej SWLP, a więc znacznie wybiegają poza dotychczasową umowę z PERN. Wydaje się jednak, że opracowanie ich było celowe bez względu na to, czy umowa wdrożeniowa z PERN będzie podpisana (w takim przypadku będziemy już dość precyzyjnie wiedzieli, czego umowa powinna dotyczyć), czy też nie (w takim przypadku dojdzie do co najmniej zawieszenia kontynuacji tematu na nieokreślony czas i warto podsumować przemyślenia i doświadczenia autorów pracy).

Niniejsze założenia należy jednak traktować jako wstępne, stanowiące punkt wyjścia dla dalszych analiz i uzgodnień. Wynika to z dwóch przyczyn:

1. Braku jasności odnośnie danych wejściowych do SWLP. System informatyczny PERN składa się z dwóch podsystemów:
 - a) podsystemu zbierania i przetwarzania danych pomiarowych z rurociągu (tylko część z tych danych jest potrzebna w SWLP)
 - b) podsystemu dla operatywnego sterowania procesu tłoczeni.

Podsystemy te nie komunikują się między sobą.

Podsystem (a) aktualnie współpracuje z systemem zbierania i archiwizacji danych pomiarowych, w przyszłości ma również współpracować z SWLP.

Podsystem (b) służy do sterowania zasuw i pomp na stacji finalnej oraz zasuw na rurociągu, a ponadto do kontroli stanu pracy aparatów i instalacji. Tylko w podsystemie (b) są takie dane, potrzebne w SWLP, jak:

- czas włączenia / wyłączenia pompy,
- liczba jednocześnie pracujących pomp,
- rodzaj aktualnie tłoczonego medium,
- rodzaje mediów, wypełniających rurociąg oraz granice ich rozdziału itd.

Współpracujący z PIAP przedstawiciel PERN w dotychczasowych rozmowach nie wyraża jednak zgody ani na to, aby SWLP mógł w przyszłości czerpać dane z

podsystemu (b) (podobnie jak obecnie pobiera dane z podsystemu (a)), ani na to, aby w rozwiązaniu docelowym operator wprowadzał te dane ręcznie.

Wyżej wymienione dane może co prawda wypracować SWLP w oparciu o pomiary ciśnień i przepływów, ale:

- zwiększa to dość znacznie niezbędny zakres oprogramowania,
- niektóre tak wyznaczone dane (głównie gęstość i rodzaj tłoczonego medium) mogą być obciążone sporym błędem.

Przed ewentualnym podpisaniem umowy wdrożeniowej sprawa ta powinna być wyjaśniona formalnie.

2. Konieczności dokonania szczegółowych uzgodnień między autorami algorytmów i programistami, którzy powinni zapewnić sprawne działanie tych algorytmów.

Jak już wspomniano, badania algorytmów wykrywania i lokalizacji wycieków prowadzono dotychczas metodami laboratoryjnymi. Programy dla takich badań pozwalają na wprowadzenie szeregu uproszczeń, szczególnie w obszarze „otoczki” tych algorytmów (rozpoznanie stanu obiektu, wprowadzenie automatyczne korekt w zależności od tego stanu, przygotowanie danych dla testów i procedur monitorowanie, itd.). W okresie wrzesień-październik br. COMRUN wdrożył w systemie rejestracji i archiwizacji danych pomiarowych w PERN program wykrywania i lokalizacji wycieków w/g założeń, przedstawionych w [5], a więc mocno zawężonych w stosunku do założeń kompletnych, przedstawionych poniżej. Doświadczenia zebrane przy wdrażaniu tego programu potwierdzają, że niezbędne jest zarówno dokładne uzgodnienie treści algorytmów między ich twórcami i programistami, jak i zwrotny wpływ prac w dziedzinie programowania na niektóre szczegóły algorytmów.

Wydaje się, że niniejsze opracowanie może stanowić podstawę do takich dyskusji i uzgodnień.

2. INFORMACJA I DANE OGÓLNE

1. Na rurociągu SF1-NWW, o długości około 125 km i średnicy wewnętrznej około 310 mm, rozmieszczone jest 17 stacji pomiarowych, oddalonych od siebie o kilka ÷ kilkanaście km. Pierwsza stacja pomiarowa znajduje się na początku rurociągu (za stacją pomp), ostatnia na końcu rurociągu (przed stacją zbiorników końcowych). Z obu tych stacji do SWLP doprowadzone są pomiary: ciśnienia p , przepływu Q i temperatury t . Z pozostałych stacji pomiarowych, znajdujących się bezpośrednio przed stacjami zasuw, do SWLP doprowadzone są pomiary ciśnienia p i temperatury t .

Łącznie zatem do SWLP wpływa:

- 17 pomiarów ciśnienia,
- 2 pomiary przepływu,
- 17 pomiarów temperatury.

Okres próbkowania $T_o = 3$ s.

Stacje pomiarowe oznaczamy numerami od 1 do 17 (licząc od stacji pomp), a odpowiadające im zmienne mierzone (oraz inne parametry) - indeksami i , zgodnymi z numerami tych stacji.

Jeżeli jakiś parametr dotyczy różnicy między stacjami i oraz np. $(i + 1)$, wówczas przypisujemy mu indeks $i/i+1$.

2. Indeksy i punktów pomiarowych dotyczą ich położenia geograficznego, a nie aktualnej kolejności. Wobec tego jeżeli w wyniku procedury kontroli parametrów zostanie wyłączony z procedur użytkowy jakiś parametr, np. p_7 , nie może to zmienić indeksów pozostałych punktów pomiarowych (od $i = 7$ wzwyż), natomiast w tych procedurach, gdzie występują różnice:

- ciśnień $\Delta p_{6/7}$ i $\Delta p_{7/8}$ - uwzględniamy jedynie $\Delta p_{6/8}$,
- odległości $\Delta x_{6/7}$ i $\Delta x_{7/8}$ - uwzględniamy jedynie $\Delta x_{6/8}$,
- poziomów $\Delta h_{6/7}$ i $\Delta h_{7/8}$ - uwzględniamy jedynie $\Delta h_{6/8}$
itd.

3. Rurociągiem może być tłoczony 6 różnych mediów:

- 3 rodzaje etylin (benzyn): BI, BII lub BIII,
- 3 rodzaje olejów napędowych: ONI, ONII, ONIII.

Parametry fizyczne tych mediów w tym głównie: gęstość ρ i współczynnik tarcia λ , są różne. Jednakże prawdopodobnie nie będzie możliwości uwzględniania gatunku aktualnie tłoczonego medium (t.zn. gatunku etyliny lub oleju), a jedynie rodzaju medium (etylina lub olej). W takim przypadku pozostanie tylko możliwość przypisania danemu rodzajowi parametrów średnich.

4. Według informacji PERN, podanych w okresie rozpoczynania pracy (tzn. około 3 lata temu), jednocześnie rurociągiem może płynąć do 3 mediów.

Na tej podstawie opracowano procedury i testy, których podsumowanie przedstawiono w załączniku nr 4.

Jednakże w trakcie rozmowy z inż. Fijołkiem w dniu 04.11.br. okazało się, że w ostatnim okresie zamówienia dotyczą 1500 m³ (a nawet 1000m³) produktu, w związku z czym rurociągiem może jednocześnie płynąć 7 (a nawet więcej) mediów. Dla takiej sytuacji w/w procedury są nieskuteczne, a rozbudowywanie ich na większą liczbę mediów w rurociągu niż 3 z wielu względów zatracą sens. W związku z tym pozostaje nadal otwarty problem, jak lokalizować przeciek (w szczególności powstały w okresach postoju instalacji lub skokowej zmiany ciśnienia na początku lub na końcu rurociągu), jeżeli rurociąg wypełniają więcej niż 3 media.

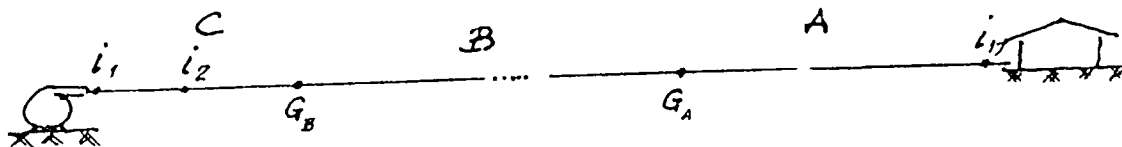
5. Do pamięci komputera zostaną wprowadzone jako stałe:

- odległości x_i każdej stacji pomiarów i od początku rurociągu (załącznik nr 1),
- wysokości h_i każdej stacji pomiarów ^{od} pewnego poziomu odniesienia (załącznik nr 1),
- rozkład wysokości rurociągu $h(x)$ (załącznik nr 2),
- podstawowe parametry fizyczne tłoczonych mediów (załącznik nr 3).

W załączniku nr 3 wartość λ i ρ (lub iloczynu $\lambda\rho$) być może będą podlegały weryfikacji ^{w oparciu} o dane pomiarowe.

6. W pamięci komputera będą również przechowywane i na bieżąco aktualizowane (bądź w oparciu o system informatyczny PERN, bądź automatycznie przez SWLP) następujące zmienne:

- liczba z jednocześnie pracujących pomp (może być $z = 1$ lub $z = 2$),
- rodzaj aktualnie tłoczonego medium,
- położenie G_j granic rozdziału mediów (a tym samym rodzaj medium A, B i C w poszczególnych obszarach rurociągu od $x = 0$ do $x = L$ - rys. 2.1).



Rys. 2.1.

3. PRZYGOTOWANIE DANYCH DLA PROCEDUR UŻYTKOWYCH

W procedurach użytkowych będziemy używali dwa zestawy zmiennych

3.1. Zmienna Dp_{mi} , DQ_{m1} , DQ_{m17} , Q_{cm1} , Q_{cm17} , t_{Am1} , t_{Am17} .

Zmienne te będą stosowane w procedurach wykrywania i lokalizacji przecieków w stanach normalnej pracy instalacji (tłoczenie medium, brak skokowych zakłóceń ciśnienia od początku lub od końca rurociągu).

Wyznaczamy 3 obszary czasowe (rys. 3.1):

$$T_{Am} = N_{Am} \cdot T_o \quad (3.1.a)$$

$$T_{Bm} = N_{Bm} \cdot T_o \quad (3.1.b)$$

$$T_{Cm} = N_{Cm} \cdot T_o \quad (3.1.c)$$

gdzie:

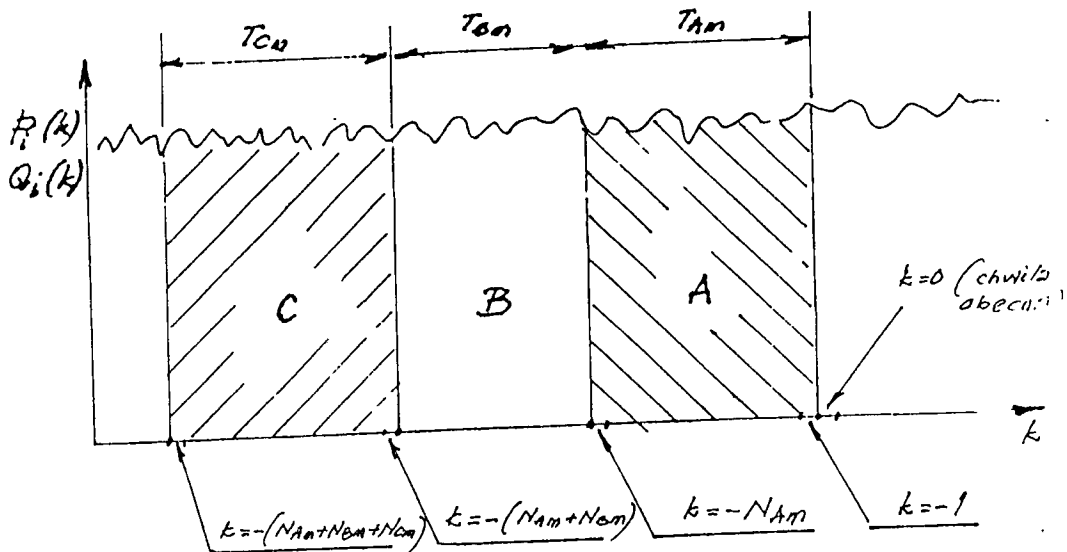
k - numer cyklu próbkowania danych,

T_o - okres próbkowania; $T_o = 3$ s,

N_{Am}, N_{Bm}, N_{Cm} - liczba cykli k próbkowania w obszarach A, B, C dla numeru zestawu danych m ,

m - numer zestawu danych.

Liczba zestawów danych m oraz ich parametry (tzn. N_{Am}, N_{Bm}, N_{Cm}) będą ustalone w okresie późniejszym. Liczba m nie przekroczy 6 zestawów, w tym „szerokość okienka” N_B w jednym w jednym z zestawów będzie wynosiła $N_B = 0$. Oznaczmy go numerem $m = 1$ (tzn. N_{A1} i N_{C1} , $N_{B1} = 0$).



Rys. 3.1.

Ponadto jeden z zestawów, oprócz testowania rurociągu, będzie używany również do testowania pomiarów. Oznaczamy go numerem $m = 2$ (N_{A2} , N_{B2} , N_{C2}). W niektórych testach i danych będziemy używali jedynie średnich z okresu N_{A2} lub N_{C2} . Dotyczy to głównie pomiarów temperatury.

3.1.1. Pomiary ciśnienia $p_i(k)$.

Obliczamy:

* wartości średnie arytmetyczne w obszarach A i C:

$$p_{Ami}(k_0) = \frac{\sum_{k=-N_{Am}}^{-1} p_i(k)}{N_{Am}} \quad (3.2)$$

$$p_{Cmi}(k_0) = \frac{\sum_{k=-(N_{Am}+N_{Bm})}^{-(N_{Am}+N_{Bm}+N_{Cm})} p_i(k)}{N_{Cm}} \quad (3.3)$$

Oznaczenie k_0 (p. rys. 3.1) ma na celu zlokalizowanie danej zmiennej systemowej w czasie.

Wartości $p_{Ami}(k_0)$ i $p_{Cmi}(k_0)$ będą aktualizowane w każdym cyklu zbierania danych k , tzn. wartości k z poprzedniego cyklu w następnym cyklu przypisujemy numer $(k + 1)$, przestrzegając reguł sumowania w/g (3.2) i (3.3).

* różnice wartości średnich arytmetycznych w obszarach A_m i C_m :

$$Dp_{mi}(k_0) = p_{Ami}(k_0) - p_{Cmi}(k_0) \quad (3.4)$$

* odchylenia średniokwadratowe od wartości średniej dla zestawu $m = 2$ (dalej przy stosowaniu zmiennych z tego zestawu, indeks m pomijamy):

$$\delta p_{Ai}(k_0) = \sqrt{\frac{\sum_{k=-N_A}^{-1} p_i^2(k)}{N_A} - p_{Ai}^2(k_0)} \quad (3.5)$$

3.1.2. Pomiary temperatury $t_i(k)$

Obliczamy (dla zestawu $m = 2$):

* wartości średnie arytmetyczne:

$$t_{Ai}(k_0) = \frac{\sum_{k=-N_A}^{-1} t_i(k)}{N_A} \quad (3.6)$$

* odchylenia średniokwadratowe od wartości średniej:

$$\delta t_{Ai}(k_0) = \sqrt{\frac{\sum_{k=-N_A}^{-1} t_i^2(k)}{N_A} - t_{Ai}^2(k_0)} \quad (3.7)$$

UWAGA: Dla zmiennych, przedstawianych w p.3.1, będą używane jedynie wartości t_{A1} i t_{A17} . Natomiast wszystkie wartości t_{Ai} będą stosowane w zmiennych, przedstawionych w p. 3.2.

3.1.3. Pomiary przepływu $Q_i(k)$:

Obliczamy:

* Stosunek gęstości mediów na końcu i na początku rurociągu, wynikający ze zmiany warunków termodynamicznych:

$$\varphi_8(k_0) = 1 - 1,1 \cdot 10^{-3} [t_{A17}(k_0) - t_{A1}(k_0)] + 961 \cdot 10^{-6} [(p_{A17}(k_0) - p_{A1}(k_0))] \quad (3.8)$$

gdzie: t [$^{\circ}\text{C}$], p [MPa]

* wartości średnie natężenia przepływu na początku rurociągu:

$$Q_{Am1}(k_0) = \frac{\sum_{k=-N_{Am}}^{-1} Q_i(k)}{N_{Am}} \quad (3.9)$$

$$Q_{Cm1}(k_0) = \frac{\sum_{k=-(N_{Am}+N_{Bm}+N_{Cm})}^{-(N_{Am}+N_{Bm})} Q_i(k)}{N_{Cm}} \quad (3.10)$$

* wartości średnie skorygowane natężenia przepływu na końcu rurociągu:

$$Q_{Am17}(k_0) = \left[\frac{\sum_{k=-N_{Am}}^{-1} Q_{17}(k)}{N_{Am}} + \Delta Q(Q_p)_z \right] \cdot \varphi_p(k_0) \quad (3.11)$$

$$Q_{Cm17}(k_0) = \left[\frac{\sum_{k=-(N_{Am}+N_{Bm}+N_{Cm})}^{-1} Q_{17}(k)}{N_{Cm}} + \Delta Q(Q_p)_z \right] \cdot \varphi_p(k_0) \quad (3.12)$$

gdzie: $\Delta Q(Q_p)_z$ - wyznaczona doświadczalnie tabela poprawek wartości Q_{17} w zależności od Q_1 oraz od rodzaju mediów na początku i na końcu rurociągu.

* różnica wartości średnich arytmetycznych w obszarach A i B:

$$DQ_{mi}(k_0) = Q_{Ami}(k_0) - Q_{Cmi}(k_0) \quad (3.13)$$

* odchylenia średniokwadratowe od wartości średnich w obszarze A dla jednej wybranej wartości $m = 2$:

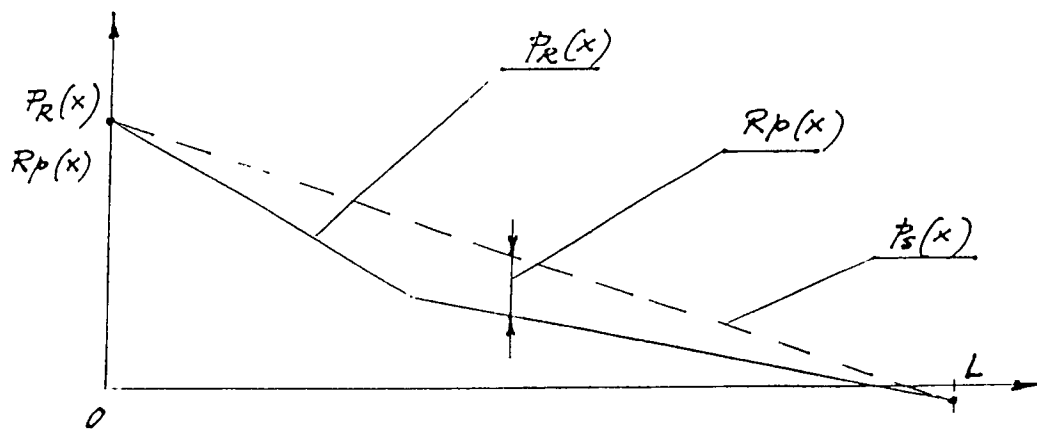
$$\delta Q_{Ai} = \sqrt{\frac{\sum_{k=-N_A}^{-1} Q_i^2(k)}{N_A} - Q_{Ai}^2(k_0)} \quad (3.14)$$

3.2. Zmienne R_{p_i} oraz FQ .

Zmienne te będą używane w procedurach wykrywania i lokalizacji przecieków po długotrwałej przerwie w normalnej pracy instalacji (tzn. po przerwie w tłoczeniu medium, lub po skokowej zmianie ciśnienia na początku lub na końcu rurociągu).

3.2.1. Zmienne R_{p_i} .

Symbolem p_{R_i} oznaczono ciśnienia w poszczególnych stacjach i , skorygowane o wartość naporu hydraulicznego. Rozkład $p_R(x)$ powinien zatem przebiegać tak, jak na rurociągu wypoziomowanym (rys. 3.2).



Rys. 3.2.

Natomiast zmienna $R_p(x)$ oznacza w danym punkcie x rurociągu różnicę między wartością $p_R(x)$ i $p_s(x)$, przy czym $p_s(x)$ jest to ciśnienie, wyznaczone przez średni gradient ciśnienia (rys. 3.2).

Dla wyznaczenia R_{pi} :

- (1) Ustalamy (śledzimy na bieżąco) rodzaje mediów, wypełniających rurociąg oraz położenie granic x_{Gj} rozdziału tych mediów.
- (2) Obliczamy:

*orientacyjne temperatury i ciśnienia na granicach rozdziału mediów.

Jeżeli x_{Gj} leży pomiędzy stacjami i oraz $(i + 1)$, wówczas:

** temperatura:

$$t_{Gj} = t_{Ai+2} + (t_{Ai} - t_{Ai+2}) \exp[-A(x_{Gj} - x_i)] \quad (3.15)$$

$$\text{gdzie: } A = - \frac{1}{x_{i+1} - x_i} \ln \frac{t_{Ai+1} - t_{Ai+2}}{t_{Ai} - t_{Ai+2}} \quad (3.16)$$

UWAGA: Rozkład temperatury ma charakter wykładniczy do $x = 40 \div 50$ km, tzn. do stacji pomiarowej $i = 4 \div 5$. Dalej rozkład można uznać za liniowy, a wówczas:

$$t_{Gj} = t_{Ai} - (t_{Ai} - t_{Ai+1}) \frac{x_{i+1} - x_{Gj}}{x_{i+1} - x_i} \quad (3.16.a)$$

** ciśnienie:

$$p_{Gj} = p_{\Delta i} - (p_{\Delta i} - p_{\Delta i+1}) \frac{x_{i+1} - x_{Gj}}{x_{i+1} - x_i} \quad (3.17)$$

* gęstości mediów na poszczególnych stacjach i oraz granicach rozdziału mediów x_{Gj} :

$$\rho_i = \rho_{oj} [1 - 1,1 \cdot 10^{-3} (t_{\Delta i} - t_o) + 961 \cdot 10^{-6} (p_{\Delta i} - p_o)] \quad (3.18)$$

$$\rho_{Gj} = \rho_{oj} [1 - 1,1 \cdot 10^{-3} (t_{Gj} - t_o) + 961 \cdot 10^{-6} (p_{Gj} - p_o)] \quad (3.19)$$

gdzie: ρ_{oj} - gęstość j - tego medium dla parametrów odniesienia (t_o, p_o),
przy czym:

- dla $x_i < x_{G1}, \rho_{oj} = \rho_{01}$
- dla $x_{G1} < x_i \leq x_{G2}, \rho_{oj} = \rho_{02}$
- dla $x_{G2} < x_i \leq x_{G3}, \rho_{oj} = \rho_{03}$ itd.

* średnie gęstości mediów $\rho_{i-1/i}$ w obszarze od x_{i-1} do x_i lub $\rho_{i/Gj}$ w obszarach od x_i do x_{Gj} przyjmujemy jako średnie arytmetyczne z gęstości na granicach tych obszarów:

$$\rho_{i-1/i} = \frac{\rho_{i-1} + \rho_i}{2} \quad (3.20)$$

$$\rho_{i/Gj} = \frac{\rho_i + \rho_{Gj}}{2} \quad (3.21)$$

* napór hydrostatyczny H_i w stacji i. Przyjmujemy, że poziom zerowy stanowi poziom stacji 1, tzn. $H_1 = 0$. Dla pozostałych stacji (od $i = 2$ do $i = 17$):

$$H_i = H_{i-1} + \Delta H_{i-1/i}, \quad (3.22)$$

przy czym:

- jeżeli między stacjami (i-1) oraz i nie występuje granica rozdziału mediów:

$$\Delta H_{i-1/i} = g \cdot \rho_{i-1/i} (h_{i-1} - h_i) \cdot 10^{-3} \text{ [kPa]} \quad (3.23)$$

- jeżeli między stacjami (i-1) oraz i występuje granica rozdziału mediów punkcie x_{Gj} :

$$H_{i-1/i} = g \rho_{i-1/Gj} (h_{i-1} - h_{Gj}) 10^{-3} + g \rho_{Gj/i} (h_{Gj} - h_i) 10^{-3} \text{ [kPa]} \quad (3.24)$$

Wartości h_{Gj} odczytujemy z tablicy w/g załącznika nr 2.

* ciśnienia skorygowane o wartość naporu hydraulicznego:

$$p_{RAmi} = p_{Ami} - H_i \quad (3.25)$$

* średni gradient ciśnienia:

$$G_s = \frac{p_{RAm1} - p_{RAm17}}{L} \quad (3.26)$$

* różnica między wartościami ciśnienia skorygowanego i wyznaczonego przez gradient:

$$Rp_i = p_{RAmi} - G_s x_i \quad (3.27)$$

UWAGA: Ponieważ w stacji końcowej ($i=17$) napór hydrostatyczny jest zawsze większy od ciśnienia nad lustrem cieczy w zbiorniku końcowym, wobec tego będzie zawsze $p_{R17} < 0$.

3.2.2. Zmienna FQ:

$$FQ(k_o) = Q_{Am1}(k_o) - Q_{Am17}(k_o) \quad (3.28)$$

4. KONTROLA ZMIENNYCH MIERZONYCH

Proponuję, aby w jakimś miejscu monitora (np. w lewej górnej części) wydzielić dwa okienka, np. żółte i czerwone. W okienku żółtym byłyby pokazywane pomiary uznane za „podejrzane o niesprawność”, natomiast w okienku czerwonym - pomiary uznane za niesprawne. Jeżeli jakiś pomiar jest już pokazywany w okienku żółtym, a następnie uznamy go za niesprawny, wówczas jego symbol powinien się pokazać w okienku czerwonym, a jednocześnie zniknąć w okienku żółtym. Pomiary, uznane za niesprawne, byłyby automatycznie wyłączane z procedur wykrywania i lokalizacji przecieków. Należałoby przy tym przewidzieć możliwość wyłączania sygnalizacji konkretnych pomiarów aktualnie niesprawnych w przypadku gdy wiadomo, że będą one nieczynne przez długi okres czasu (np. w wyniku awarii).

4.1. Pomiary ciśnienia.

Przy poprawnym stanie pomiarów p_i , oraz braku skokowych zakłóceń ciśnienia na początku lub na końcu rurociągu powinny być spełnione ograniczenia:

$$* \quad p_{imin} \leq p_{\Lambda i}(k_0) \leq p_{imax} \quad (4.1)$$

Jeżeli medium (bez względu na to, czy jest to etylina czy olej napędowy) jest tłoczone przez 1 pompę, wówczas można przyjąć:

$$p_{imax} = 3,4 - 24 \cdot 10^{-3} x_i \text{ [MPa]}$$

$$p_{imin} = 2,2 - 17,2 \cdot 10^{-3} x_i \text{ [MPa]}$$

gdzie: x_i [km]

Jeżeli warunek (4.1) dla konkretnego pomiaru p_i nie jest spełniony, wówczas pomiar ten uznajemy za niesprawny.

$$* \quad \delta p_{\Lambda i}(k_0) \leq \Delta p_i \quad (4.2)$$

Wstępnie można przyjąć dla każdego i : $\delta p_i = 5 \text{ kPa}$.

W przypadku przekroczenia ograniczenia (4.2) pomiar uznajmy za „podejrzany o niesprawność”, ale podejrzenie to kasujemy, jeżeli w tym czasie:

- nastąpiła skokowa zmiana ciśnienia na początku lub na końcu rurociągu,
- nastąpił wyciek.

$$* \quad Dp_{\Delta_{\min}} \leq Dp_{\Delta_i}(k_o) \leq Dp_{\Delta_{\max}} \quad (4.3)$$

Wstępnie przyjmujemy: $Dp_{\Delta_{\max}} = +10 \text{ kPa}$
 $Dp_{\Delta_{\min}} = -10 \text{ kPa}$

Jeżeli ograniczenie (4.3) zostało przekroczone, wówczas oczekujemy przez
 czas:

$$t_{i/i+1} = \frac{x_{i+1} - x_i}{a} \quad (4.4.a)$$

$$t_{i/i-1} = \frac{x_i - x_{i-1}}{a} \quad (4.4.b)$$

gdzie: $a \cong 1170 \text{ m/s}$ - średnia prędkość dźwięku

i po tym czasie sprawdzamy, czy w sąsiednich stacjach również zmienia się w tym samym kierunku wartość Dp_{Δ_i} . Jeżeli tak - oznacza to rzeczywiste zakłócenie ciśnienia w punkcie i. Jeżeli nie - wówczas uznajemy, że jest to awaria pomiaru ciśnienia w punkcie i, a w ślad za tym pomiar ten uznajemy za niesprawny.

- UWAGA: 1. Jeżeli wystąpiło skokowe zakłócenie ciśnienia na początku lub na końcu rurociągu, wówczas ograniczenia (4.2) i (4.3) zostaną dezaktywizowane do czasu ustabilizowania się rozkładu ciśnień w rurociągu.
2. Jeżeli $Dp_{\Delta_i} \leq Dp_{\Delta_{\min}}$ i ten spadek ciśnienia rozprzestrzenia się w/g (4.4) na pozostałe stacje pomiarowe, wówczas powinna włączyć się procedura kontroli wycieku z rurociągu.

4.2. Pomiary przepływu.

Dla sytuacji, jak w p. 4.1, pomiary przepływu powinny spełniać ograniczenia:

$$* \quad Q_{\min} \leq Q_{\Delta 2i}(k_o) \leq Q_{\max} \quad (4.5)$$

W przypadku pracy 1 pompy, bez względu na to, czy jest tłoczona etylina czy olej napędowy, można przyjąć:

$$Q_{\min} = 200 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Q_{\max} = 280 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Jeżeli warunek (4.5) dla QA1 nie jest spełniony, wówczas pomiar ten uznajemy za niesprawny.

$$* \quad \delta Q_{\Lambda 2i}(k_o) \leq \Delta Q \quad (4.6)$$

$$* \quad DDQ_{1\min} \leq DQ_{\Lambda 21}(k_o) \leq DDQ_{1\max} \quad (4.7.1)$$

$$DDQ_{17\min} \leq DQ_{\Lambda 217}(k_o) \leq DDQ_{17\max} \quad (4.7.2)$$

$$|FQ(k_o)| \leq DFQ \quad (4.8)$$

Jeżeli:

- nie jest spełnione ograniczenie (4.6) wówczas dany pomiar uznajemy za „podejrzany o niesprawność”,
- nie jest spełnione któreś z ograniczeń (4.7) oraz ograniczenie (4.8) wówczas dany pomiar uznajemy za niesprawny.

W ślad za uznaniem pomiaru Q_1 lub Q_{17} za niesprawny, dezaktywizujemy wszystkie procedury, w których występuje bądź odnośna zmienna DQ, bądź zmienna FQ.

Ograniczenia (4.6) ÷ (4.8) obowiązują wyłącznie w warunkach stabilnej pracy rurociągu. Dezaktywizujemy je w przypadku, gdy odnośne procedury stwierdzą:

- skokową zmianę ciśnienia na początku lub na końcu rurociągu,
- wyciek

4.3. Pomiary temperatury.

Jeżeli jest realizowane tłoczenie, wówczas pomiary temperatur powinny podlegać ograniczeniom:

$$* \quad t_{\min} \leq t_{\Lambda 2i} \leq t_{\max} \quad (4.9)$$

Wartości ograniczeń t_{\max} oraz t_{\min} można określić następująco:

- przy tłoczeniu oleju napędowego (bez względu na to, jak rozłożone są dalej media wzdłuż rurociągu):

$$t_{\max} = 15 + 35 \exp(-48 \cdot 10^{-3} x_i)$$

$$t_{\min} = -5 + 25 \exp(-45 \cdot 10^{-3} x_i)$$

co oznacza, że $t_{\Lambda 21}$ może się zmienić od + 20 do + 50 °C, a $t_{\Lambda 217}$ od - 5 + 15 °C
 - przy tłoczeniu etyliny:

$$t_{\text{imax}} = 15 + 15 \exp(-48 \cdot 10^{-3} x_i)$$

$$t_{\text{imin}} = -5 + 20 \exp(-48 \cdot 10^{-3} x_i)$$

co oznacza, że $t_{\Lambda 21}$ może się zmieniać od +15 do + 30 °C,
 a $t_{\Lambda 217}$ od -5 do + 15 °C.

Jeżeli dla konkretnego pomiaru t_i ograniczenie (4.9) nie jest spełnione, wówczas pomiar ten uznajemy za niesprawny.

Jeżeli pomiar t_i jest niesprawny, ale pomiar p_i jest sprawny, wówczas (niezależnie od ukazania symbolu t_i w okienku czerwonym) wartość t_i obliczamy z zależności:

- dla $i \leq 5$:

$$t_{\Lambda 2i} = t_{\Lambda 2i+1} + (t_{\Lambda 2i-1} - t_{\Lambda 2i+1}) \exp[-A(x_i - x_{i-1})]$$

$$\text{gdzie: } A = - \frac{1}{x_{i+1} - x_{i-1}} \ln \frac{t_{\Lambda 2i+1} - t_{\Lambda 2i+2}}{t_{\Lambda 2i-1} - t_{\Lambda 2i+2}}$$

- dla $i > 5$:

$$t_{\Lambda 2i} = t_{\Lambda 2i-1} - (t_{\Lambda 2i-1} - t_{\Lambda 2i+1}) \frac{x_{i+1} - x_i}{x_{i+1} - x_{i-1}}$$

i tak wyznaczoną wartość traktujemy jako wartość rzeczywistą.

$$* \quad \delta t_{\Lambda 2i} \leq \Delta t_i$$

Przekroczenie ograniczenia (4.10) powoduje ukazanie danego pomiaru w okienku żółtym.

Uwagi.

1. Skasowanie symboli przetworniki, pokazanych w okienku żółtym, może nastąpić:
 - albo przez operatora (ale symbol każdego przetwornika musiałby on wymazywać indywidualnie),

- albo automatycznie, jeżeli przez T minut od zasygnalizowania podejrzenia o niesprawność pomiar działa sprawnie.
- 2. Skasowania symbolu przetwornika w okienku czerwonym powinno być możliwe wyłącznie przez operatora po jego upewnieniu się, że przetwornik jest / sprawny.
- 3. Po skasowaniu symbolu przetwornika w okienku czerwonym w wyniku jego niesprawności, przetwornik ten powinien być normalnie włączony do pracy. Pozostaje jednak pytanie jak postępowano z pomiarami długotrwale wyłączonymi z pracy: czy ich symbol kasować inną instrukcją (nie włączając przetworników do pracy), czy też uniemożliwić kasowanie ich symboli.

5. KONTROLA WYCIEKÓW Z RUROCIĄGU.

Wyróżniamy 4 stany rurociągu:

1. Postój instalacji (brak tłoczenia).
2. Uruchomienie tłoczenia.
3. Tłoczenie przy braku skokowych zakłóceń ciśnienia na początku lub na końcu rurociągu.
4. Tłoczenie przy skokowym zakłóceniu ciśnienia na początku lub na końcu rurociągu.

Procedury dla każdego ze stanów 1 ÷ 4 obejmują:

- 1) Rozpoznanie stanu.
- 2) Zdezaktywizowanie procedur dla innych stanów z jednoczesnym uaktywnieniem procedur dla stanu rozpoznanego.

Ponadto odrębna procedura umożliwia:

- kontrolę, czy nie wystąpił przeciek w okresie zdezaktywizowania procedur dla stanu 3,
- śledzenie granic rozdziałów mediów dla przypadku, gdy w rurociągu występują nie więcej niż 2 granice rozdziału mediów.

5.1. Postój instalacji.

Uznajemy, że występuje brak tłoczenia, jeżeli:

$$Q_{\Lambda 21} < (Q_1)_p \quad (5.1)$$

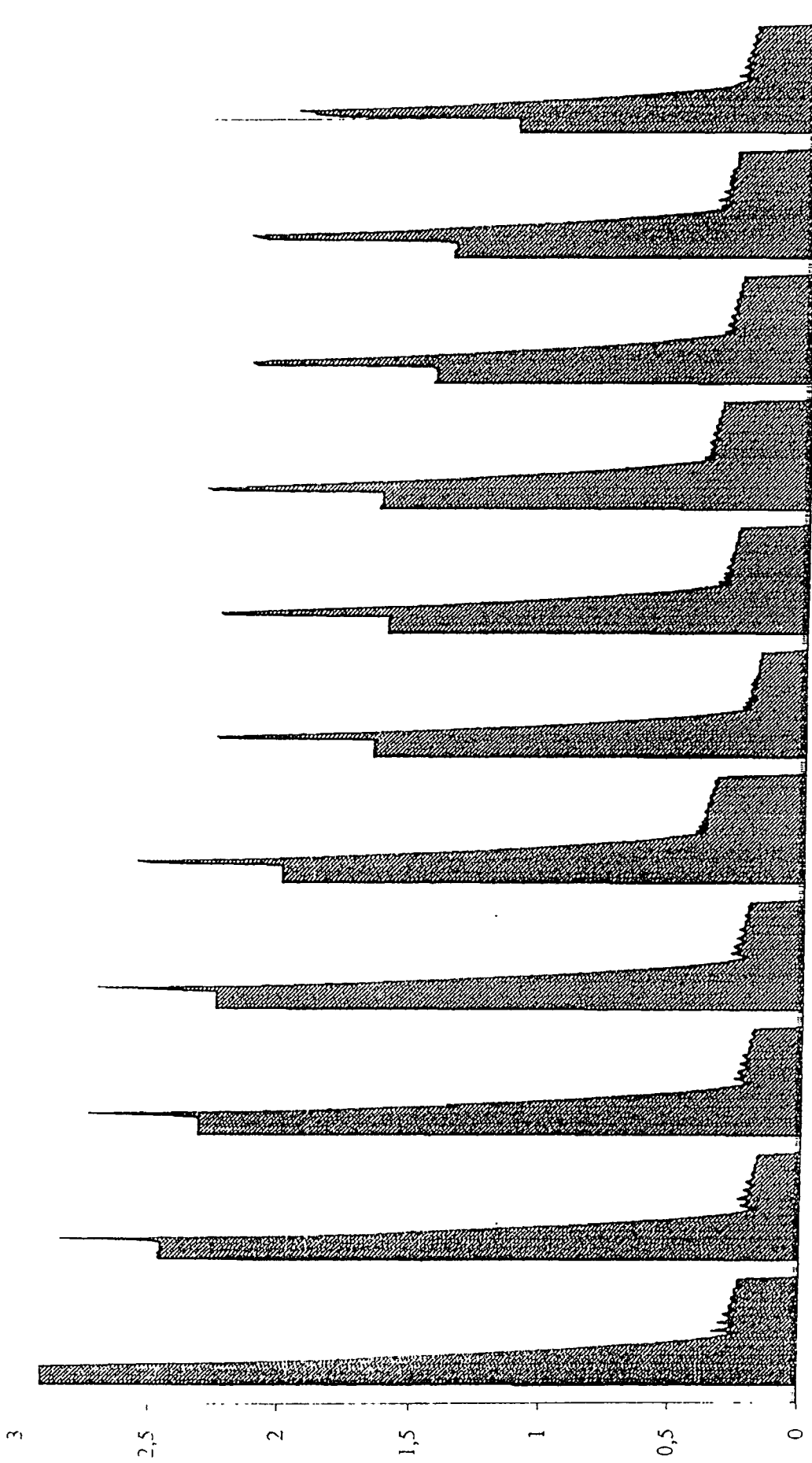
$$Q_{\Lambda 217} < (Q_{17})_p \quad (5.2)$$

a ponadto dla każdego ciśnienia p_i :

$$p_{\Lambda 21} < (p_i)_p \quad (5.3)$$

Wyłączenie tłoczenia związane jest zawsze z „jednoczesnym” wyłączeniem pompy i zamknięciem zasuw.

Przykładowe przebiegi ciśnień po wyłączeniu tłoczenia pokazano na rys. 5.1. Łączny czas rejestracji wynosi tu około 50 min, a wyłączenie tłoczenia nastąpiło po upływie około 7 min od początku wykresów. Jak widać, po wyłączeniu tłoczenia pojawia się najpierw gwałtowny wzrost ciśnienia. Wzrost ten zaczyna się najpierw na końcu otwartego odcinka rurociągu, co związane jest z szybką utratą energii kinetycznej cieczy i przemianą jej w energię potencjalną. Wytworzona w ten



Rys. 5.1

sposób fala ciśnienia przenosi się następnie z prędkością dźwięku ku początkowi danego odcinka. Zdarza się (jest to zarejestrowane dla kilku przypadków), że w wyniku odbić fali gwałtowne wzrosty (o malejącej wartości szczytowej) i spadki ciśnienia powtarzają się kilkakrotnie, zanim dojdzie do sytuacji „stabilnej”, tzn. powolnego malenia ciśnienia z mniej więcej stałą prędkością.

Z powyższych względów kontrolę (5.1) ÷ (5.3) rozpoczynamy od chwili, gdy

$$V_{p_{\min}} \leq V_{p_i} \leq p_{p_{\max}} \quad (5.4)$$

gdzie:
$$V_{p_i} = \frac{Dp_{A_i}(k_0)}{T_0 [N_B + 1/2 (N_A + N_C)]} \quad (5.4.1)$$

Od tego momentu poczynając podejrzewamy, że pojawił się wyciek między stacjami i oraz (i-1), jeżeli

$$V_{p_i} > \text{np. } 1.2 V_{p_{\max}} \quad (5.5)$$

UWAGA: Wprowadzenie tej procedury zasugerował inż. Fijołek.

W okresie ostatnich kilku miesięcy 3krotnie wystąpił przypadek pojawienia się wycieku w okresie postoju instalacji. Wycieki te wykryto analizując wykresy - jak na rys. 5.1.

Stan 1 kończy się, tzn. rozpoczyna się tłoczenie, jeżeli przez co najmniej 60 s

$$Dp_{A_{2i}}(k_0) > 0 \quad (5.6)$$

$$DQ_{A_{2i}}(k_0) > 0 \quad (5.7)$$

i wraz z tym dezaktywizujemy procedury dla stanu 1.

5.2. Uruchomienie tłoczenia

Bez względu na to, czy SWLP był włączony w okresie postoju instalacji i czy uzyskał informację o uruchomieniu tłoczenia (narastanie ciśnień i przepływów), czy też został uruchomiony w jakimś momencie, dla wszystkich pomiarów p_i i Q_i , sprawdzamy warunki (4.1), (4.3) i (4.7). Jeżeli te warunki zostaną spełnione wówczas uznajemy, że zakończył się stan 2 i rozpoczyna stan 3.

UWAGA:

1. Ograniczenia $Dp_{A_{2i}} \leq Dp_{\max}$ i $DQ_{A_{2i}} < DQ_{\max}$ (gdzie Dp_{\max} i DQ_{\max}

mają wartości dodatnie) są raczej oczywiste.

Natomiast ograniczenia $Dp_{\min} \leq Dp_{\Lambda 2i}$ i $DQ_{\min} < DQ_{\Lambda 2i}$ (gdzie Dp_{\min} i DQ_{\min} mają wartości ujemne) wynikają stąd, że po uruchomieniu tłoczenia często występują przeregulowania ciśnień (a prawdopodobnie również przepływów), po których dopiero dochodzi do „ustabilizowania” parametrów w rurociągu - rys. 5.2.

2. Już od momentu uruchomienia tłoczenia śledzimy obszary rurociągu, wypełnione przez poszczególne media, oraz określamy granice ich rozdziału. Zostanie to omówione w załączniku nr 4.

5.3. Tłoczenie przy braku skokowych zakłóceń ciśnienia na początku lub na końcu rurociągu.

Uznajemy, że zaistniał stan 3, jeżeli zostały spełnione wszystkie ograniczenia, podane w p. 5.2.

Jeżeli zostały spełnione, wówczas:

- (1) Kontrolujemy, czy nie wystąpiła nieszczelność do momentu uruchomienia dla stanu 3, poprzez:

* test FQ: sprawdzamy, czy:

$$FQ(k_0) \leq DFQ \quad (5.8)$$

Tak - sugeruje brak nieszczelności (wycieku)

Nie - sugeruje wystąpienie wycieku o orientacyjnej wartości $FQ(k_0)$.

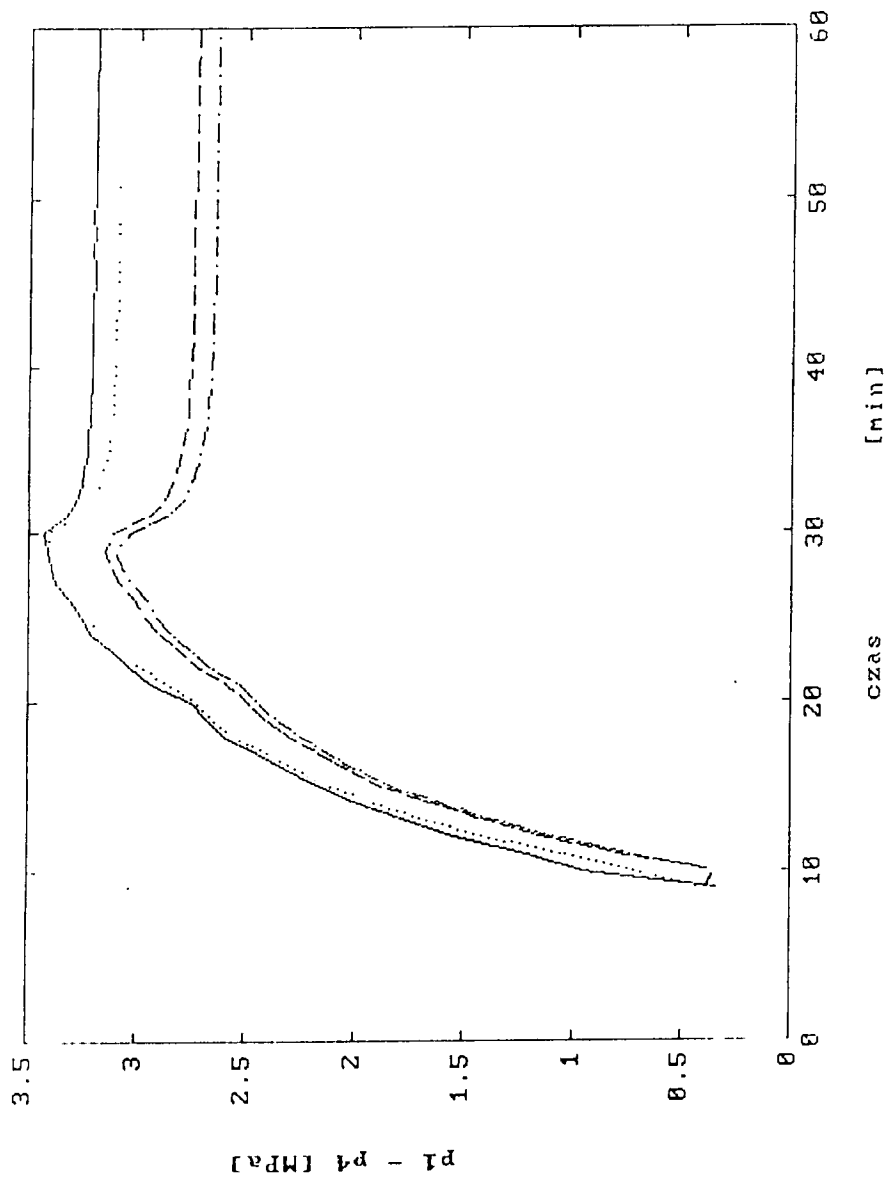
* procedurę lokalizacji granic rozdziału mediów oraz wykrywania i lokalizacji przecieków, opartą na zmiennych Rp_i (nazwijmy ją procedurą XGU); opisano ją w załączniku nr 4.

Jeżeli test FQ i procedura XGU nie wykazują wycieku, uznajemy, brak wycieku.

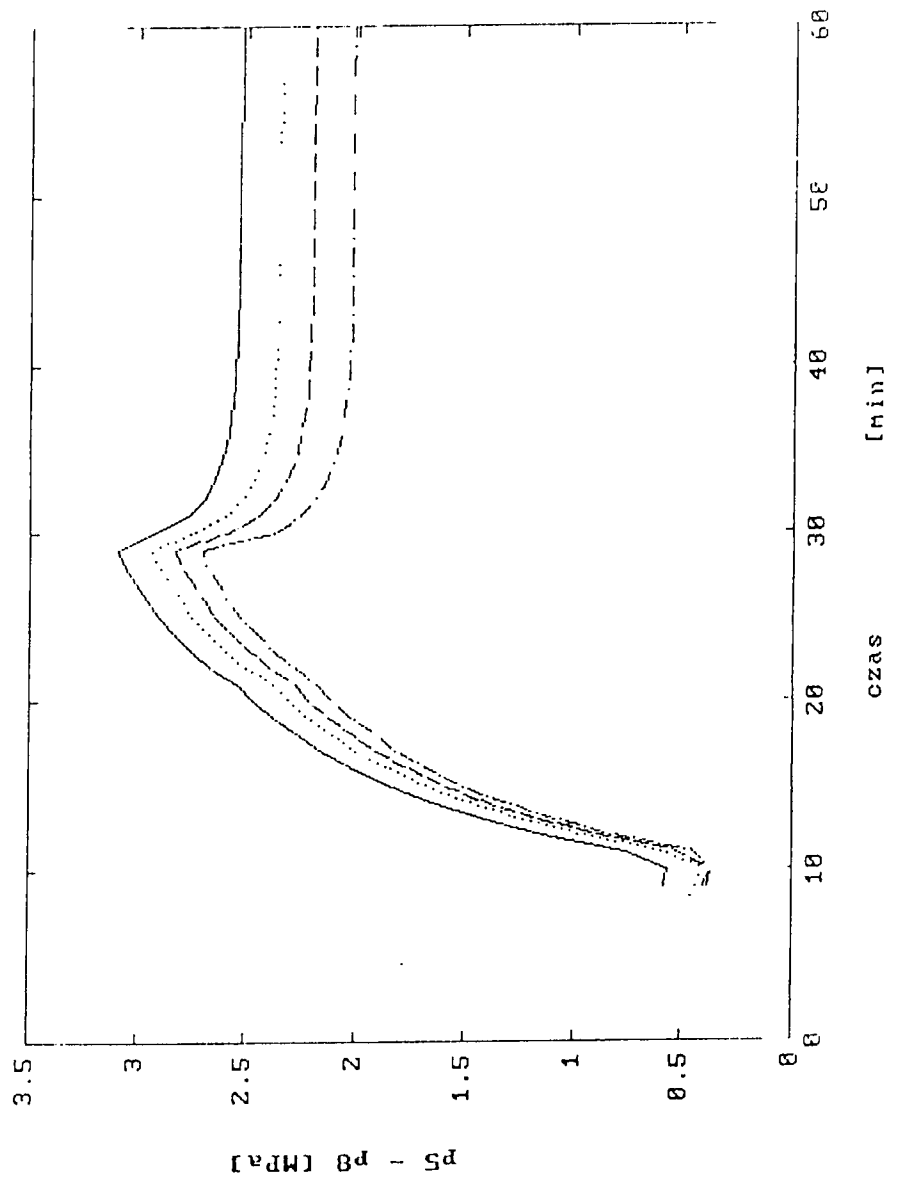
Jeżeli test FQ i procedura XGU wykazują wyciek - uznajemy, że wyciek istnieje i określamy jego parametry (X_u , Q_u).

Jeżeli tylko jedna z w/w procedur sugeruje wyciek, wówczas informujemy operatora o możliwości wycieku z podaniem parametrów, które zostały wyznaczone.

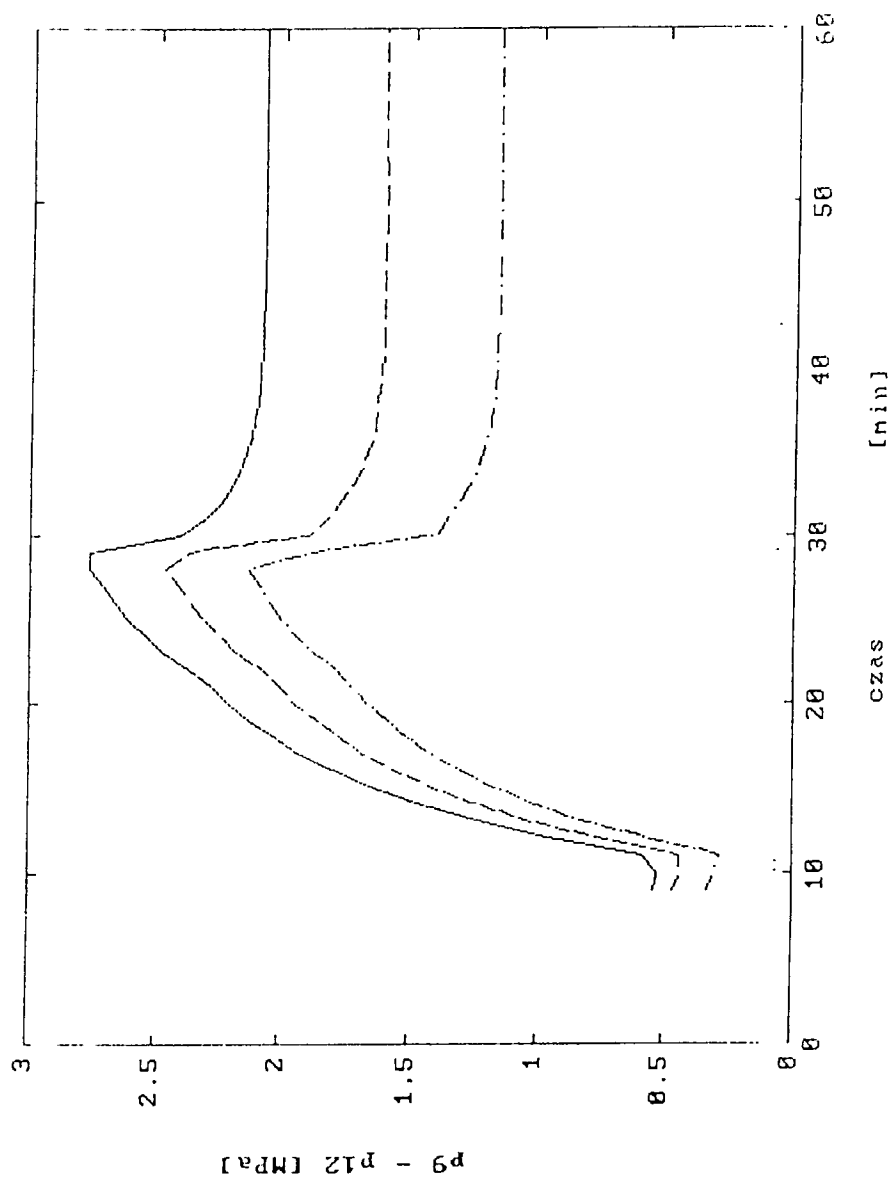
- (2) Jednocześnie z p. (1) uruchamiamy testy wykrywania wycieku i procedury jego lokalizacji.



Rys. 5.2.1



Rys. 5.2.2



Rys. 5.2.3

(2.1) Testy wykrywania.

Oprócz procedury XGU, stosujemy 3 testy wykrywania przecieków:

a. Test MXDP. Istotę testu opisano w [1.2, rozdział 3.4]:

* w każdym cyklu pomiarowym k wyszukujemy:

$$\min_i D_{p_i}(k) \quad (5.4)$$

i zapamiętujemy przez okres $(N_{Am} + N_{Bm} + N_{cm}) T_0$ dla każdego k wartość $D_{p_{mi}}(k)$ oraz i , odpowiadające tej wartości,

* jeżeli w ciągu kolejnych $[N_{Bm} + 1/2 (N_{Am} + N_{cm})]$ cykli k zostaną wskazane co najmniej w 80% przypadków stacje i lub $(i+1)$ lub $(i-1)$, wówczas uznajemy, że w czasie t_0 , odpowiadającym pierwszemu wskazaniu któregoś z w/w stacji, nastąpił wyciek w rejonie stacji i ,

* wyznaczamy $\min D_{mi}(k)$ z np. 5 kolejnych wartości $D_{mi}(k)$,

* określamy szacunkowo natężenie wycieku Q_u w oparciu o dane, zamieszczone na rys. 5.3 (dla etyliny) lub 5.4 (dla oleju).

b. Test WXDP. Istotę testu przedstawiono w [5, punkt 3 ÷ 7, wraz z „UWAGAMI I KOREKTAMI”]:

* w każdym cyklu pomiarowym k dla każdego p_i wyznaczamy $D_{p_{mi}}(k_0)$,

* jeżeli dla któregośkolwiek p_i :

$$D_{p_{mi}}(k_0) < D_{p_{imin}}$$

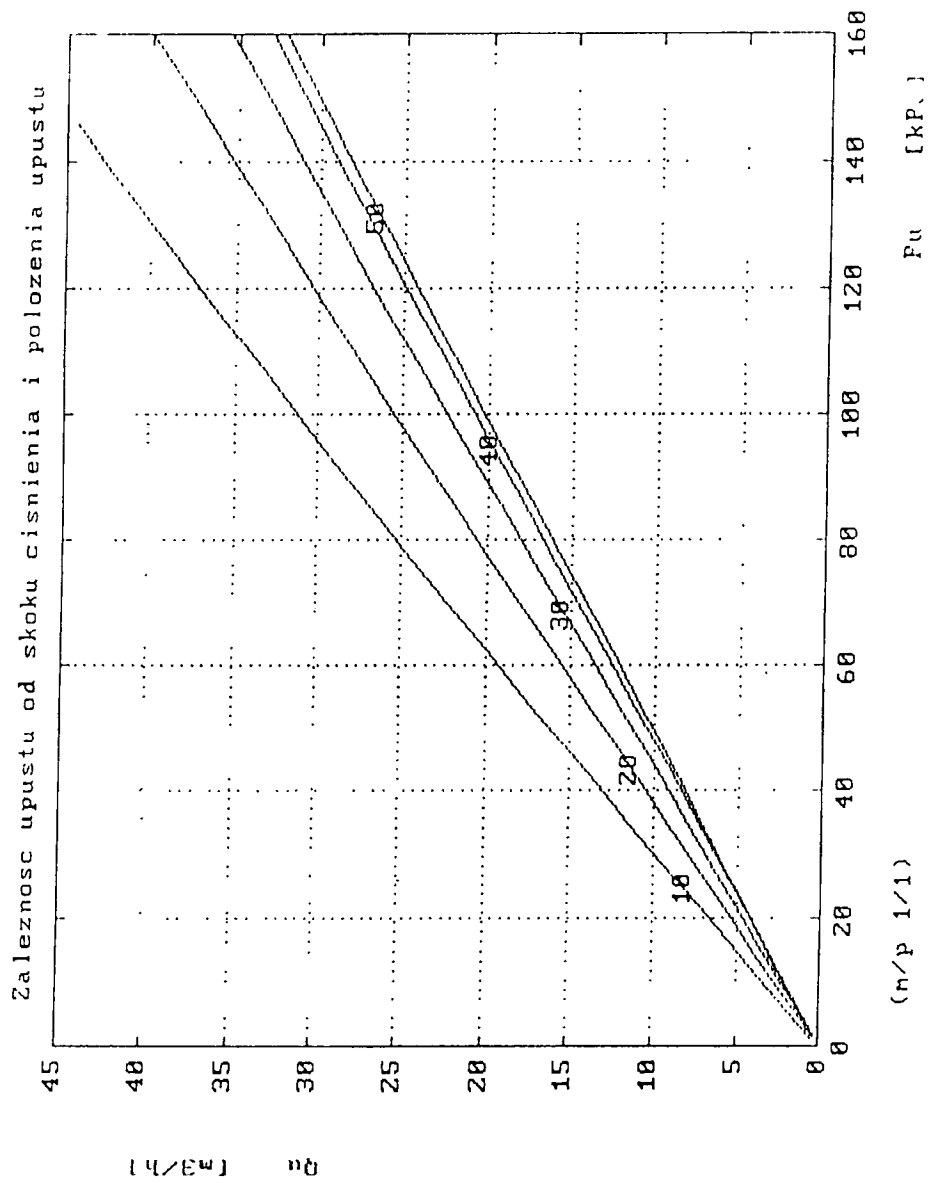
(gdzie $D_{p_{imin}}$ ma wartość ujemną), wówczas:

* wyznaczamy i zapamiętujemy przez okres $(N_{Am} + N_{Bm} + N_{cm})$ dla każdego i wartości:

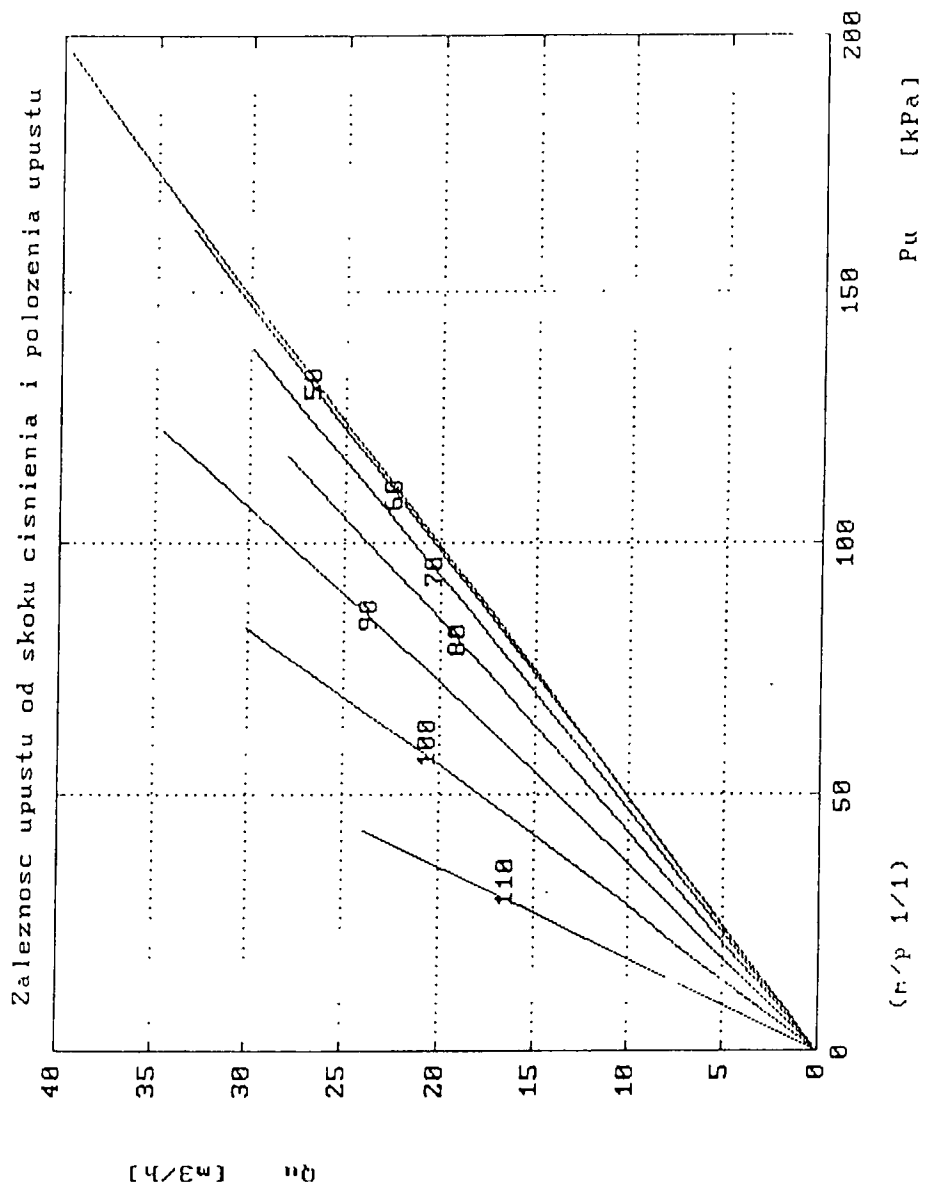
$$\min_k D_{p_{mi}}(k_0) \quad (5.10)$$

oraz czas t_i pojawienia się uskoku D_{pm} w punkcie i

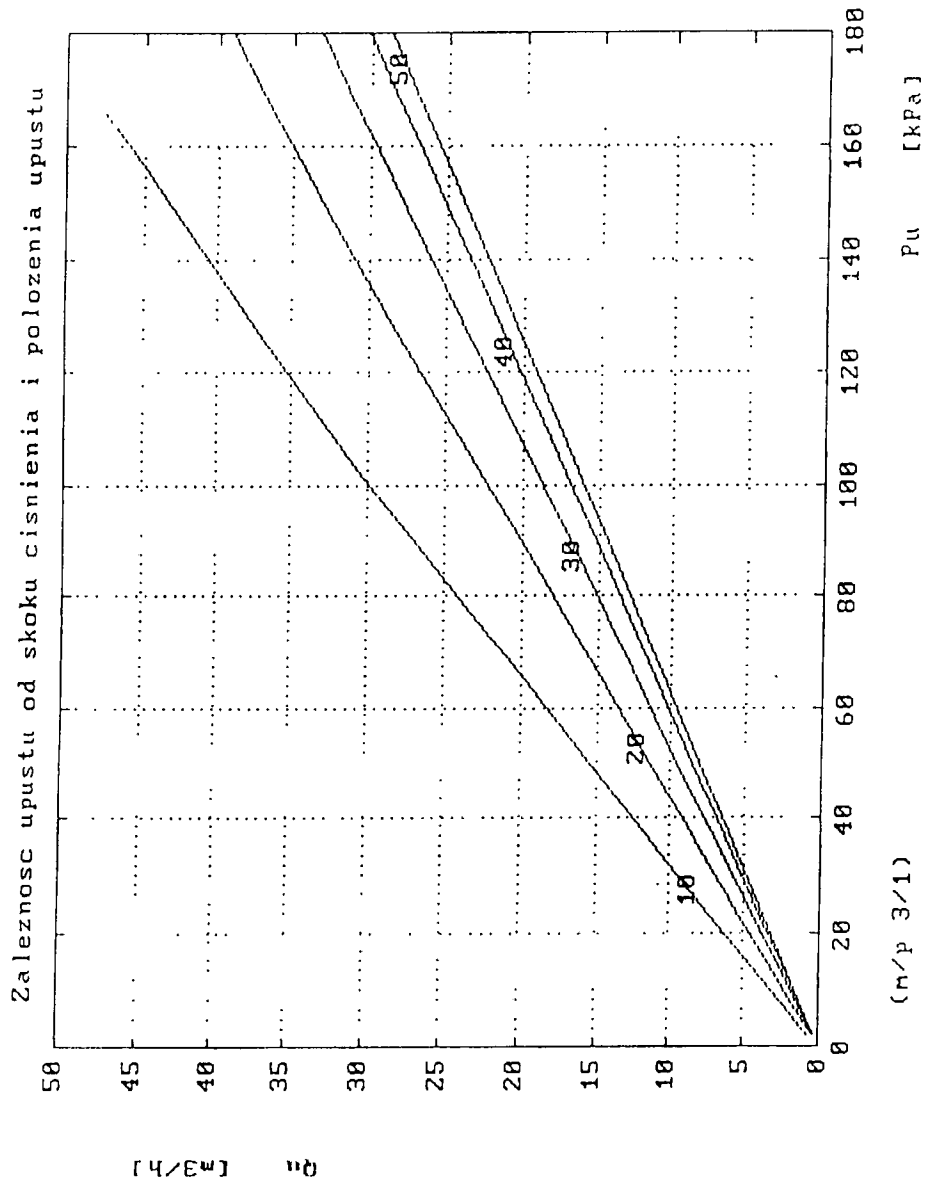
* za rejon wycieku uznajemy punkt pomiarowy i , w którym występuje:



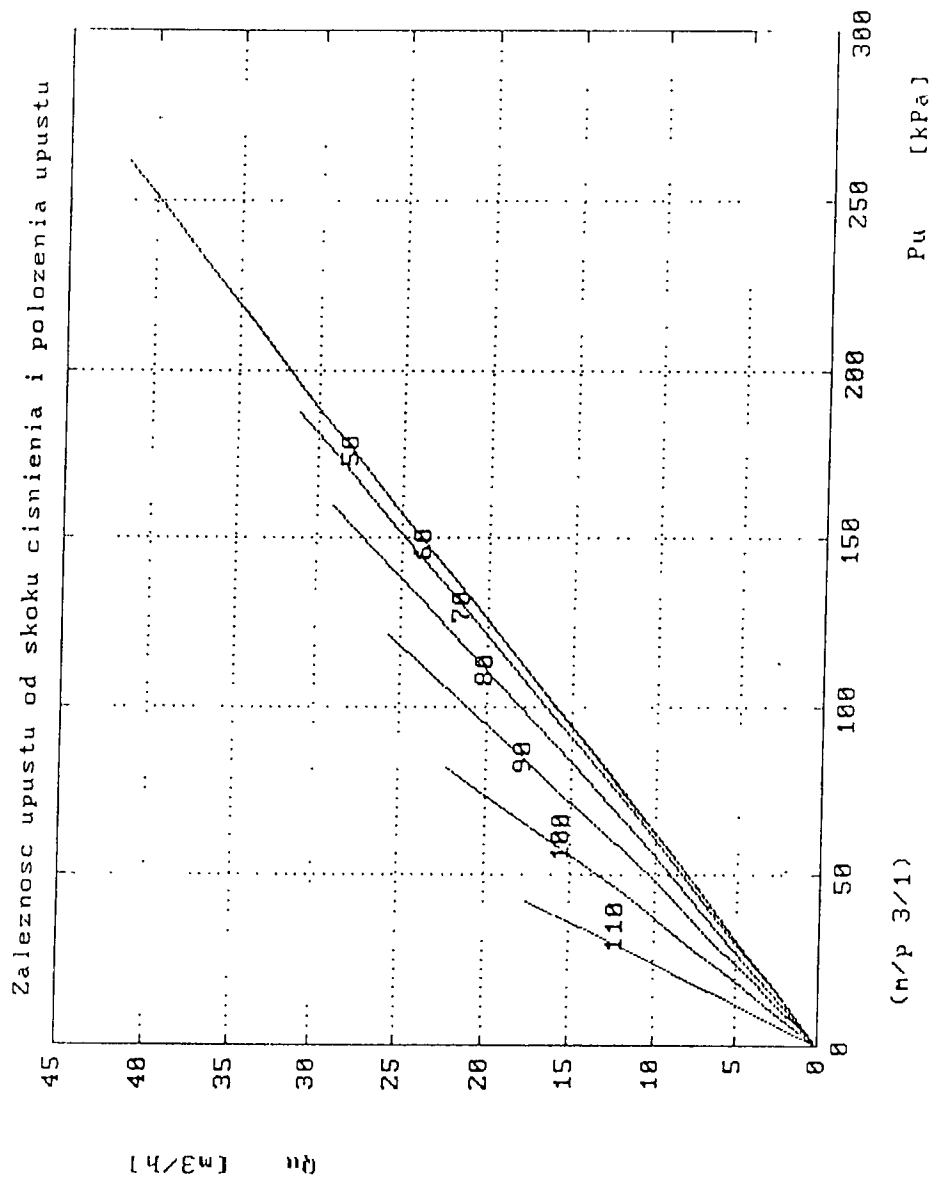
Rys. 5.3.1



Rys. 5.3.2



Rys. 5.4.1



Rys. 5.4.2

$$\min_{i, k} [\min D_{p_{mi}}(k_o)] \quad (5.11)$$

a za czas pojawienia się wycieku - czas t_i , odpowiadający danemu punktowi x_i (w punkcie i uskok $D_{p_{mi}}$ powinien pojawić się najwcześniej),

* w oparciu o $D_{p_{mi}}(k_o)$ oraz x_i , odpowiadające (5.11), wyznaczamy orientacyjną wartość natężenia wycieku Q_u zgodnie z rys. 3.3 i 5.4.

UWAGA: 1. Wartość $\min D_{p_{mi}}(k_o)$ będą jednocześnie stanowiły dane dla procedury lokalizacji wycieku.

2. Rejon wycieku powinien również wyznaczać rozkład czasów t_i wzdłuż rurociągu - patrz rys. 5.5.

c. Test FDQ.

Test polega na kontroli uwarunkowań:

$$* \quad FQ(k_o) < DFQ \quad (5.12)$$

(gdzie DFQ ma wartość dodatnią)

$$* \quad DQ_{m1}(k_o) < DDQ_{1max} \quad (5.13)$$

(gdzie DDQ_{1max} ma wartość dodatnią)

$$* \quad DQ_{m17}(k_o) > DDQ_{17min} \quad (5.14)$$

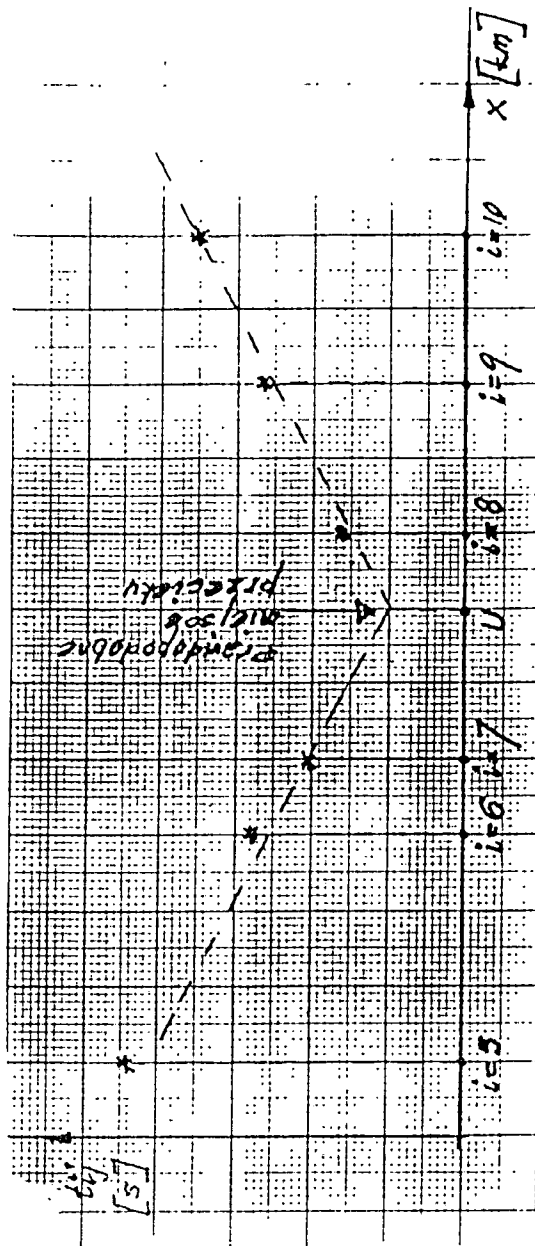
(gdzie DDQ_{17min} ma wartość ujemną)

spełnienie wszystkich w/w warunków sugeruje brak wycieku. Jednoczesne niespełnienie ich - sygnalizuje wyciek, powstały w czasie k_o , o orientacyjnej wartości $Q_u = FQ$.

Proponuje się, aby każdemu testowi przypisać pewną „wagę” „prawdopodobieństwa” WP, np.:

- dla testu MXDP - 40%
- dla testu WXDP - 40%
- dla każdego z warunków testu FDQ - po 10%
- dla testu, opartego na procedurze XGU - 20%.

Łączne prawdopodobieństwo wycieku stanowiłoby sumę prawdopodobieństwa z wszystkich testów - do granicy 100%.



Rys. 5.5

(2.2) Procedury lokalizacji miejsca wycieku.

Wprowadzamy 2 procedury lokalizacji miejsca wycieku:

a. Procedura XU. Istotę procedury opisano w [1.2, rozdział 3].

Jako podstawę przyjmujemy zależność (g) z uwzględnieniem poprawki (12), przy czym:

- * jeżeli wstępnie zlokalizowany rejon wycieku leży poza stacją 2 (SW1), a przed stacją 16 (SB9), wówczas przyrosty gradientów ΔG_p i ΔG_k obliczamy metodą analizy regresyjnej zgodnie z:
 - [1.2, zależności 1.4.1 i 1.4.2], lub
 - [5, punkt 8.3].

UWAGA: W obu w/w pozycjach występują drobne różnice w algorytmach obliczania ΔG_p i ΔG_k . Wydaje się, że liczenie w/g [5] powinno dawać nieco bardziej dokładne wyniki.

- * jeżeli wstępnie zlokalizowany rejon wycieku leży między stacjami 1(SF1) i 2(SW1), wówczas metodą analizy regresyjnej (j.w) wyznaczamy ΔG_k , natomiast [1.2, rozdział 3]:

$$\Delta G_p = - \frac{1}{D_w} \lambda \rho w \cdot \Delta w, \quad \text{tzn.:$$
$$\Delta G_p = - \frac{x\rho}{D_w} - \frac{4}{3600 \pi D_w^2} Q_{c_{m1}}(k_o) \cdot DQ_{m1}(k_o) - \frac{\lambda\rho}{D_w} \quad (5.15)$$

- * jeżeli wstępnie zlokalizowany obszar wycieku leży między stacją 16 (SB9) i 17(NWW), wówczas metodą analizy regresyjnej wyznaczamy ΔG_p , natomiast:

$$\Delta G_k = - \frac{\lambda\rho}{D_w} - \frac{4}{3600 \pi D_w^2} Q_{c_{m17}}(k_o) \cdot DQ_{m17}(k_o) \quad (5.16)$$

Wartość $DQ_{m1}(k_o)$ powinna być przy tym dodatnia, natomiast $DQ_{m17}(k_o)$ - ujemna.

UWAGA:

1. Po pojawieniu się wycieku, rozkład wartości $Dp_{mi}(k_o)$ w czasie ma kształt doliny (jak na rys. 5.6). Podobnie powinien wyglądać rozkład $Dq_{m17}(k_o)$, natomiast rozkład $DQ_{m1}(k_o)$ prawdopodobnie będzie miał kształt pagórka. W procedurach lokalizacji wycieków powinny być uwzględnione wartości ekstremalne w/w zmiennych. Ale ekstrema te będą względem siebie przesunięte w czasie nawet o kilka minut. Dlatego też proponuje się, aby dla wyznaczenia X_u stosować nie dane, uchwycone dla jakiejś chwili czasowej (określonej przez k), a wartości ekstremalne każdej ze zmiennych. Aby wyeliminować przy tym ewentualne wartości przypadkowe, ekstrema te powinny stanowić średnią z kolejnych $5 \div 10$ próbek.
 2. W przypadku jednoczesnego tłoczenia więcej niż 1 medium, być może będzie celowe wprowadzenie innej metody wyznaczania $Dp_{mi}(k_o)$ (np. jak Dp_{ix} w [5]).
- b. Procedura XGU. Procedurę tę opisano w załączniku nr 4.

5.4. Tłoczenie przy skokowym zakłóceniu ciśnienia na początku lub na końcu rurociągu.

(1) Jeżeli trwa stan 3 (tzn. okres stabilnej pracy rurociągu), a w pewnym momencie:

$$Dp_{m1} > Dp_{1max} \quad (5.17)$$

lub $Dp_{m17} > Dp_{17max} \quad (5.18)$

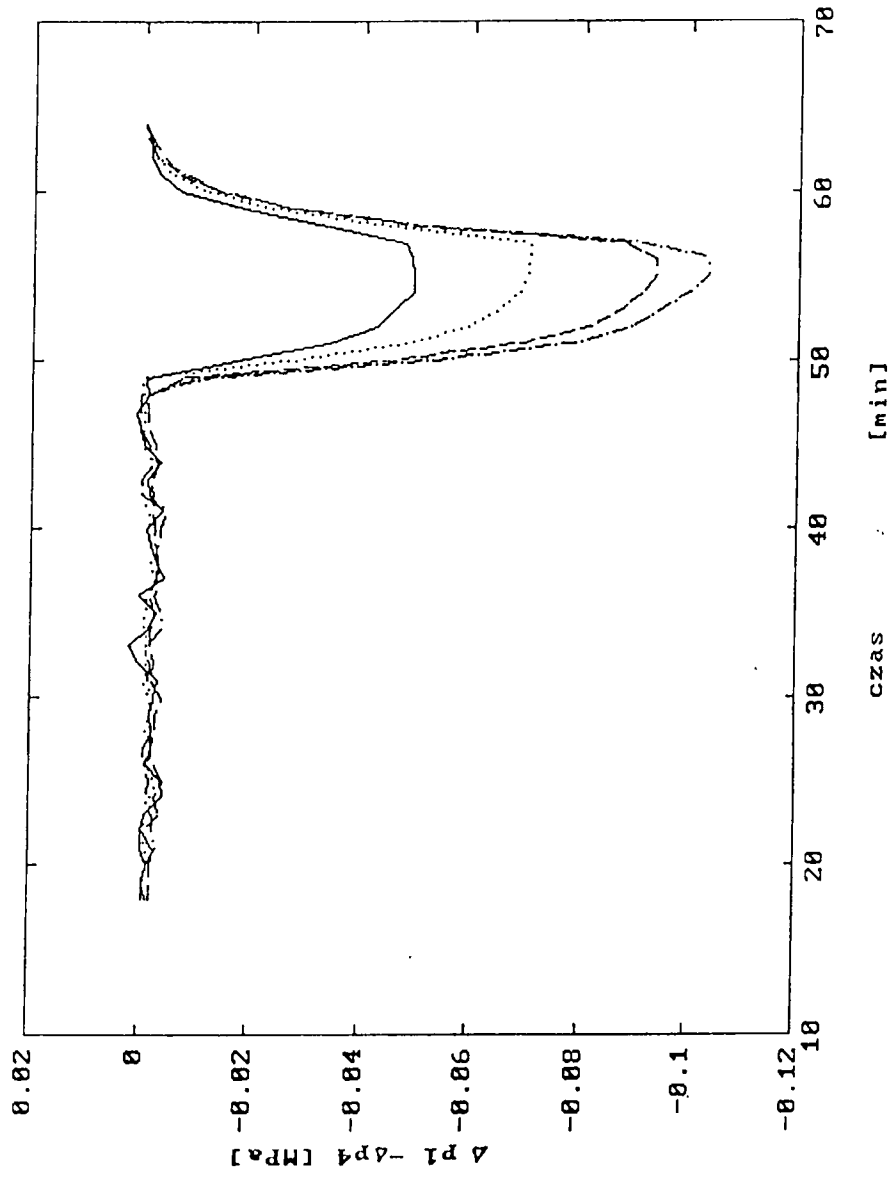
wtedy odmierzamy czas przejścia fali ciśnienia przez stacje 2 i 3 (w przypadku (5.17) lub 16 i 15 w przypadku (5.18)). Czasy te powinny wynosić:

$$\Delta t_{1/1+1} = \frac{\Delta x_{1/1+1}}{a} \quad \text{lub} \quad \Delta t_{17/17-1} = \frac{\Delta x_{17/17-1}}{a} \quad (5.19)$$

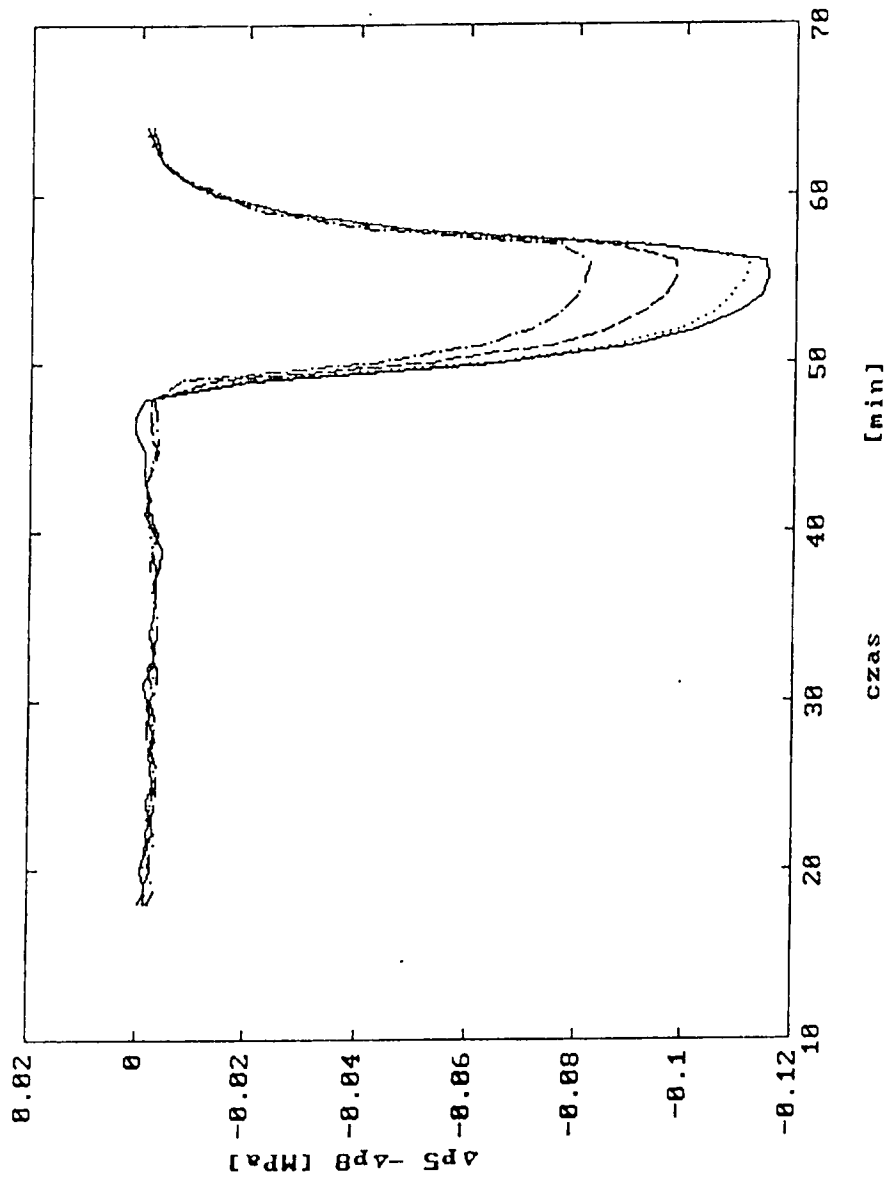
a odpowiadające im przyrosty cykli pomiarowych:

$$\Delta k = \frac{\Delta t}{T_o} \quad (5.20)$$

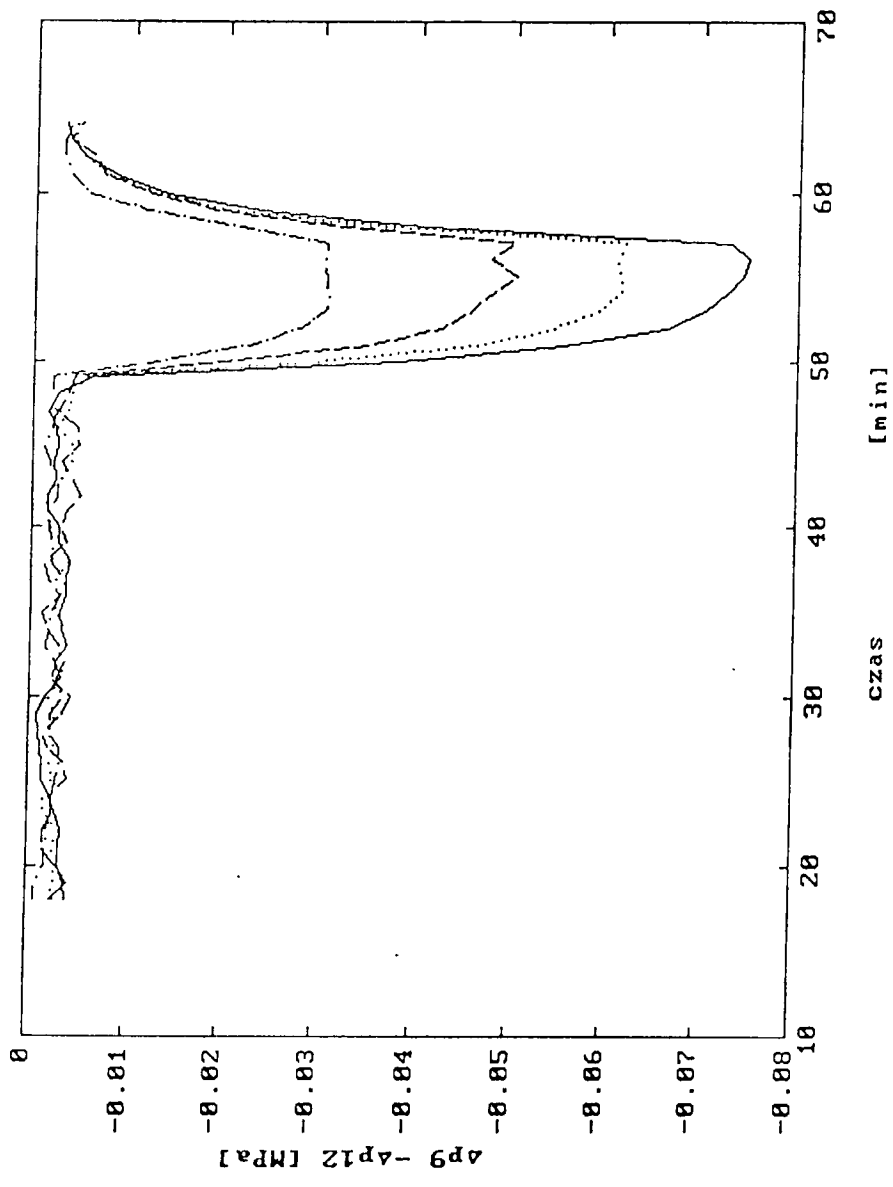
gdzie: 1 - kolejne stacje, liczone od stacji 1 lub 17.



01/03



205



Rys. 5.6.3

Jeżeli po tych czasach w co najmniej dwóch następujących stacjach:

$$Dp_{m1+l} > Dp_{lmax} \quad (5.17a)$$

lub
$$Dp_{m17-l} > Dp_{17-lmax} \quad (5.18a)$$

wówczas uznajemy, że nastąpił skokowy wzrost ciśnienia - odpowiednio - na początku lub na końcu rurociągu (jeżeli zdarzenia (5.17a) lub (5.18a) nie wystąpiły - wówczas, zgodnie z warunkiem (4.3), dany pomiar uznajemy za niesprawny). W tej sytuacji:

* dezaktywizujemy wszystkie testy wykrywania i procedury lokalizacji wycieków,

* jeżeli zakłócenie wystąpiło na początku rurociągu - wyznaczamy gęstość nowotłoczonego medium i określamy rodzaj tego medium. Odnośne procedury zostaną podane w okresie późniejszym.

(2) Jeżeli po stanie - jak w p. (1):

$$Dp_{m1} < Dp_{1min} \quad (5.21)$$

lub
$$Dp_{m17} < Dp_{17min} \quad (5.22)$$

wówczas przede wszystkim musimy rozpoznać czy jest to skokowe zmniejszenie ciśnienia, czy też wyciek w pobliżu stacji 1 lub 17:

$$* \text{ jeżeli } \Delta k_{1/2} < \frac{x_{1/2}}{T_o a} \quad \text{lub} \quad \Delta k_{17/16} < \frac{x_{17/16}}{T_o a} \quad (5.23)$$

wówczas uznajemy, że jest to wyciek. W takim przypadku uruchamiamy testy wykrywania i procedury lokalizacji wycieku - jak w p. 5.3.

* jeżeli warunki (5.23) nie są spełnione, a jednocześnie po czasach (5.19):

$$Dp_{m1+l} < Dp_{1+lmin}$$

lub
$$Dp_{m17-l} < Dp_{17-lmin}$$

wówczas uznajemy, że nastąpiło skokowe zmniejszenie ciśnienia na początku
b) na końcu rurociągu. W takim przypadku:

* dezaktywizujemy wszystkie testy wykrywania i procedury lokalizacji
wycieków,

* jeżeli zmniejszenie ciśnienia wystąpiło na początku rurociągu - wyznaczamy
gęstość nowo tłoczonego medium i określamy rodzaj tego medium.

3) Ponownie aktywizujemy testy wykrywania i procedury lokalizacji wycieków,
gdy spełnione zostaną warunki (4.3), (4.2), (4.7) i (4.6).

UWAGA: 1. Po skokowym zakłóceniu ciśnienia, nowy stan ustalony jest
osiągany po czasie $15 \div 18$ min.

2. Po osiągnięciu nowego stanu ustalonego zawsze uruchamiamy
procedurę XGU.

6. MONITOROWANIE INFORMACJI O WYCIEKU

Sposoby monitorowania wymagają uzgodnień zarówno z programistami, jak i z PERN.

Wydaje się celowe przyjęcie następujących zasad generalnych:

- nie monitorować informacji mało użytecznych dla operatora,
- monitorować informacje ogólne, zapewniając jedynie możliwość w niektórych przypadkach przywołania przez operatora informacji szczegółowych.

Zgodnie z tym proponuje się:

1. Przez cały czas pracy SWLP:

- * w dolnej części monitora pokazywać rozkład rodzajów tłoczonego medium wzdłuż rurociągu (z zaznaczeniem granic ich rozdziału) na tle rozmieszczenia stacji pomiarowych,
- * z prawej strony monitora pokazywać „kalendarium” zasadniczych zdarzeń, np.:

05.06.12.38	POSTÓJ INSTALACJI
06.06.07.20	URUCHOMIENIE TŁOCZENIA
06.06.08.15	STABILNA PRACA
06.08.11.30	WYCIEK
	Xu =
	Qu =
	WP =
06.08.14.20	$\Delta p_{17} = +120 \text{ kPa}$
06.08.14.42	STABILNA PRACA

Wykaz zdarzeń przesuwana się ku górze, widać tylko zdarzenia z ostatniego okresu.

- * jeżeli nie dzieje się nic związanego z wyciekami, pozostała część monitora jest „pusta” (mogą się na niej ukazywać jakieś obrazki, nie związane z procesem).

Jak wynika z przedstawionych założeń, informacje o wyciekach mogą się pojawiać jedynie w okresach:

- postoiu instalacji,
- tłoczenia medium przy braku skokowych zakłóceń na początku lub na końcu rurociągu (tzn. w okresie „stabilnej” pracy).

W obu w/w sytuacjach po stwierdzeniu wycieku (lub podejrzeniu możliwości wycieku) w pierwszej kolejności powinna być uruchomiona sygnalizacja świetlna i akustyczna bez możliwości jej samoczynnego wyłączenia (wyłączyć ją może tylko operator).

2. Jeżeli wyciek pojawił się w okresie postoiu, wówczas informacje o nim przedstawiamy w tabeli, w której podane są wartości V_{p_i} dla wszystkich stacji, przy czym tę stację, gdzie prędkość spadki V_p znacznie wzrosła, jakoś wyróżniamy (np. czerwona obwoluta okienka tabeli).

Jeżeli operator chciałby się temu bliżej przyjrzeć, wówczas może przywołać „obrazek” w postaci np. wykresu danego $p_i(t)$; wykres ten powinien obejmować co najmniej 10 ÷ 15 min przed sugerowanym wyciekem, z oznaczeniem momentu załamania spadku ciśnienia.

3. Jeżeli wyciek pojawił się w okresie stabilnej pracy instalacji, wówczas informacje o nim przedstawiamy również w tabeli, w której podajemy:

- testy i procedury, które stwierdziły wyciek,
- parametry wycieku, wyznaczone przez każdy test i każdą procedurę, tzn.:
 - czas wystąpienia wycieku,
 - rejon lub miejsce wycieku,
 - natężenie wycieku,
- łączny wskaźnik prawdopodobieństwa wycieku.

Jeżeli procedura zawiera m zestawów danych, wówczas w wierszu dla danej procedury może być m różnych wyników.

Łączny wskaźnik prawdopodobieństwa wycieku może się zmieniać w czasie (w ślad za zakończeniem analizy przez kolejne testy lub/i procedury).

Jeżeli operator chciałby się bliżej zapoznać z sytuacją, wówczas, dla każdej procedury (testu) mógłby przywołać planszę informującą go, dlaczego procedura (test) sygnalizuje wyciek i dlaczego tak go właśnie lokalizuje.

4. Informacja o wycieku powinna być monitorowana dość krótko, np. przez 10 min., po czym następuje jej samoczynne wyłączenie. Wcześniej skasować tę informację może tylko operator.

Jeżeli w czasie tych np. 10 min. operator nie zakończy analizy sytuacji, wówczas może ją przywołać na kolejne 10 min.

Bez względu na to, czy informacja znika z monitora samoczynnie, czy też kasuje ją operator, w „kalendarium zdarzeń” ukazuje się syntetyczna informacja o wycieku.

5. Jeżeli w trakcie analizy sytuacji przez operatora zdarzy się wykrycie przez SWLP nowego wycieku, wówczas:
- * włącza się sygnalizacja świetlna i akustyczna (jeżeli poprzednia została już skasowana przez operatora),
 - * na monitorze ukazuje się jakiś znacznik (migające czerwone wykrzykniki ?), sygnalizujący nowy wyciek.

Informacja o tym wycieku ukazuje się na monitorze po skasowaniu (czy to samoczynnym, czy przez operatora) informacji o wycieku poprzednim.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Ryszard Sobczak, Andrzej Bratek: „Opracowanie i określenie wrażliwości systemu do wykrywania i lokalizacji przecieków w rurociągach przy określonym opomiarowaniu”.
 - 1.1. Etap 1. „Opracowanie i badania komputerowe modelu matematycznego rurociągu”.
 - 1.2. Etap 2. „Opracowanie systemu do wykrywania i lokalizacji przecieków w rurociągach oraz próby komputerowe wrażliwości tego systemu na przecieki przy istniejącym opomiarowaniu, w oparciu o model matematyczny rurociągu”.
2. R. Sobczak: „Prace przygotowawcze, związane z kontynuacją badań i wdrożeniem systemu do wykrywania i lokalizacji przecieków (SWLP) w rurociągach”.
3. R. Sobczak: „1. Uszczegółowienie założeń do oprogramowania systemowego SWLP.
2. Opracowanie nowych algorytmów wykrywania i lokalizacji przecieków dla przypadków:
 - wystąpienia przecieku na odcinkach skrajnych rurociągu,
 - jednoczesnego tłoczenia dwóch mediów”.
4. R. Sobczak, A. Bratek: „Analiza zakłóceń, występujących na rurociągu SF1-NWW i wpływ tych zakłóceń na procedury:
 - wykrywania i lokalizacji przecieków,
 - śledzenia granicy rozdziału mediów”.
5. R. Sobczak: „Procedura wykrywania i lokalizacji przecieków przez system rejestracji i archiwizacji danych pomiarowych, zainstalowanych w PERN”
6. R. Sobczak: „Opracowanie procedur wykrywania i ewentualnie lokalizacji przecieków w rurociągach przy przewidywanym opomiarowaniu, w sytuacjach nietypowych”.

Rozkład wysokości rurociąggu

h00=[	107.70	101.50	101.30	101.20	101.00	100.00	95.00	98.90	100.10	104.10];
h01=[	105.50	102.80	95.90	93.00	90.50	95.40	98.50	104.40	108.00	110.60];
h02=[	113.60	106.20	103.50	95.20	90.40	101.40	103.70	106.00	103.30	102.00];
h03=[	101.00	91.90	99.20	98.30	95.10	97.80	96.80	98.00	96.90	98.00];
h04=[	94.70	95.50	93.60	92.90	94.20	89.90	91.20	93.60	95.30	89.60];
h05=[	51.30	51.20	51.20	53.00	46.70	51.30	53.70	54.40	67.60	72.90];
h06=[	91.20	93.00	93.50	91.70	94.20	95.70	95.20	96.80	96.20	95.50];
h07=[	95.20	95.80	95.60	94.70	94.30	92.20	95.70	90.25	88.00	87.20];
h08=[	87.40	86.70	82.40	75.50	81.70	86.50	86.40	89.50	89.70	89.50];
h09=[	87.60	90.40	84.20	82.80	83.00	82.50	82.10	82.10	83.80	82.70];
h10=[	85.60	84.80	83.30	86.70	89.30	85.70	83.40	84.40	82.00	78.20];
h11=[	86.50	85.30	80.70	88.30	81.00	85.80	86.90	72.60	72.90	72.50];
h12=[	72.90	73.20	74.15	73.90	73.90];					

PROCEDURA XGU ŚLEDZENIA GRANIC ROZDZIAŁU
MEDIÓW ORAZ WYKRYWANIA I LOKALIZACJI WYCIEKÓW.

Procedura korzysta ze zmiennych RPi. Opracowano ją dla przypadków jednoczesnego tłoczenia jednego, dwóch lub trzech mediów (przy większej liczbie mediów w przedstawionej formie zataca ona sens).

Procedura XGU powinna być wykonywana kalendarzowo po prostu w działaniu procedur, pozwalających na kontrolę wycieków w warunkach stabilnej pracy rusocigu, a ponadto okresowo (np. co 15÷30 min).

1. Kontrola faktu wycieku.

Fakt wycieku kontrolujemy za pomocą testu:

$$FQ < DFQ \quad (1)$$

gdzie: DFQ - wartość graniczna FQ (wyniesione do wiadomości tak, aby z jednej strony nie zaniżyć wartości testu, a z drugiej - nie stworzyć fałszywych alarmów)

Test ten powinien wykrywać fakt wycieku niezależnie od tego, czy rusocigiem płynie jedno, czy kilka mediów:

- jeżeli wartość (1) jest spełniona - uznajemy, że nie ma wycieku

- w przeciwnym przypadku - uznajemy że wystąpił wyciek w rzeczywistości:

$$Q_n = FQ$$

2. Lokalizacja miejsca uycieku.

2.1. W przypadku tworzenia pojedynczego mediana.

Jedni surowcowi plynie jedno medium, a przy tym bled jest uycieku, wówczas w kazdym punkcie surowcu:

- lewej stronie : $RP(x) = 0$

- prawej stronie : $RP_{min} < RP(x) < RP_{max}$ (3)

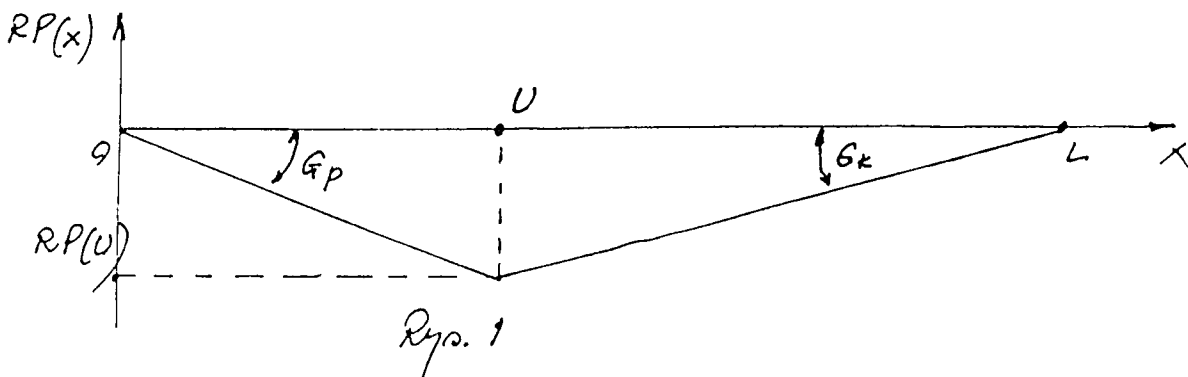
gdzie: RP_{min}, RP_{max} - wartosci graniczne

a gradienty cisnieni:

$$G_p = \frac{\Delta RP(x)}{\Delta x} \approx 0$$

$$G_k = \frac{\Delta RP(x)}{\Delta x} \approx 0$$

W przypadku pojawienia sie uycieku w punkcie U, w kierunku RP(x) zmieni sie - jak na rys. 1. Lawore przy tym powinny byc: $RP(0) = 0, RP(L) = 0$.



Przeciek powoduje zatem:

$$G_p < 0 \tag{4.1}$$

$$G_k > 0 \tag{4.2}$$

Gradienty te nie beda duze. W uzytych dotad uyciekach spadki cisnienia w miejscu uycieku wzrosly 100÷120 kPa. Wobec tego jedni uciek pojawia sie w czasie wzrostu surowcu, to (przy podobnych uyciekach) wstanie bezwzglednie G_p i G_k beda wzrosly okolo 2 $\frac{kPa}{km}$. Tym niemniej powinny byc one statys-

tycnie uzyskanie.

Procedura lokalizacji uyci:

dla wyttkeł punktli i

(1) Jeeli nie jest spełniony warunek (3), wówczas sprawdzamy, czy

- od pocztka swocegu:

$$RP_{i+1} < RP_i \quad (5.1)$$

- od końca swocegu:

$$RP_i < RP_{i-1} \quad (5.2)$$

* jeeli nie - zmajemy, że uycie nie występuje (lub jest niewyższalny)

* jeeli tak - zmajemy, że przecie występuje, a wtedy:

(2) Wymacramy staję i, spełniającą warunek

$$\min_{i_4} RP_i$$

(6)

(3) Wymacramy gradienty G_p i G_k (metoda analizy regresyjnej, analogicznie jak w procedurze XV w oparciu o zmienne Q_{pi}).

py czym:

- G_p wymacramy w oparciu o zmienne RP_i dla $i < i_4$

- G_k wymacramy w oparciu o zmienne RP_i dla $i > i_4$

(4) Wymacramy:

$$x_0 = L \left(1 - \frac{G_p}{G_k} \right)^{-1}$$

(7)

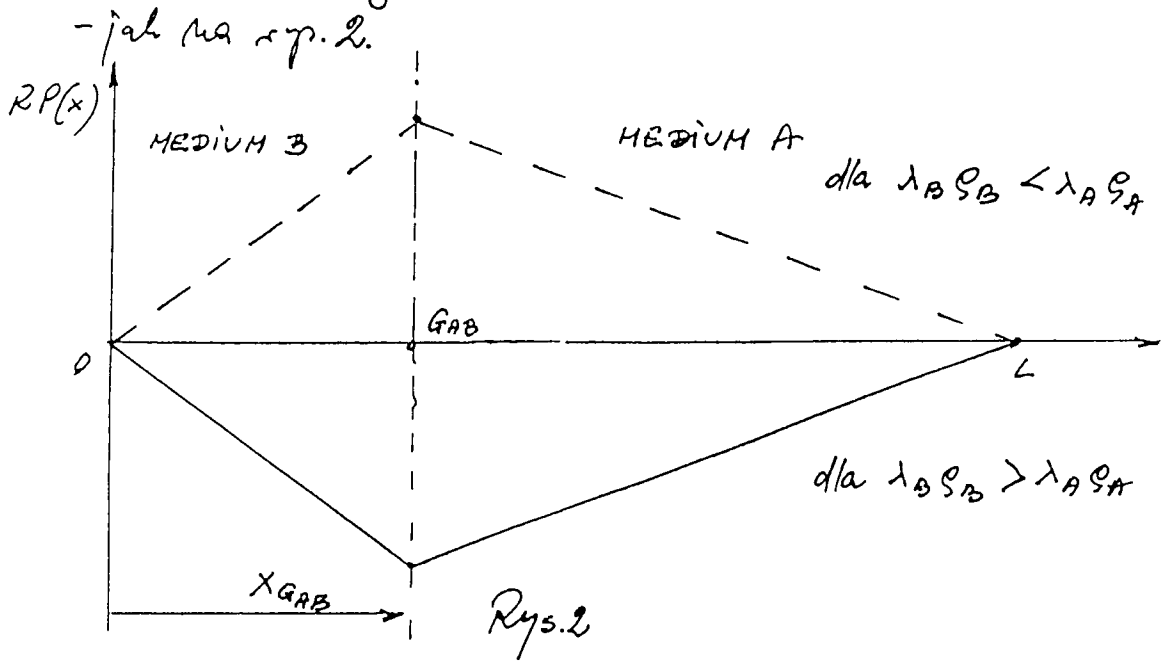
ale:

* jeeli z warunku (6) wynika $i=2$ lub $i=16$, wówczas metoda analizy regresyjnej wymacramy tylko G_k (z pomiarami od $i=3$ do $i=17$) lub tylko G_p (z pomiarami od $i=1$ do $i=15$), a drugi gradient - z zależności (5.15) lub (5.16) przyjmując $\Delta Q = FQ$.

2.2. U prypadku tlocenia dvoch mediou.

Zatvorny, ne svocoizgicem plynu dva media s gystoicaciu i usporynkivaciu tarcou ρ_A, λ_A i ρ_B, λ_B . Aktualna granica rozdriatu naiduje sa v punkcie G_{AB} .

U takom prypadku rozklad zmiennaj $RP(x)$ predstaviti si -



Rozklad ten uznavacrajz roivnania:

* dla $0 \leq x \leq x_{GAB}$

$$RP(x) = -\frac{1}{2D_W} \cdot W_{SRP}^2 (\lambda_B \rho_B - \lambda_A \rho_A) \cdot \left(1 - \frac{x_{GAB}}{L}\right) \cdot x \quad (8.1.1)$$

* dla $x_{GAB} \leq x \leq L$

$$RP(x) = -\frac{1}{2D_W} \cdot W_{SRK}^2 (\lambda_B \rho_B - \lambda_A \rho_A) \cdot \frac{x_{GAB}}{L} \cdot (L - x) \quad (8.1.2)$$

golic: D_W - srednica vavaztu na svocoizgicem [m]

W_{SRK}^2, W_{SRP}^2 - srednia pricetvorie puzply v mediu

dla - odpraviednio:

- odcinka $0 - G_{AB}$ (p)

- odcinka $G_{AB} - L$ (k)

ρ - gystoic mediou [$\frac{kg}{m^3}$]

λ - usporynkivac tarcou [d. bezvjaniasova]

x, L - długości [m]

Trasę procedury:

- (1) wyznaczamy na bieżąco granicę rozdzielu mediów:

$$x_G^* = \int_0^t w_{sp}(t) dt \quad (9)$$

Wartość w_{sp} ^(uśredniona) uwzględnia korektę mierzonej wartości w w funkcji gęstości mediów (t.j. różnicy temperatur i ciśnienia) [1.1; 3; 6]. Tym niemniej błąd pomiaru x_G jest nie mniejszy, niż błąd pomiaru $Q(t)$ z wyrazem $\pm 5\%$.

- (2) okresowo (np. co $T_k = 15 \div 30$ min) wyznaczamy metodą analizy regresyjnej na podstawie wartości RP_i dla aktualnego czasu t_i wartości $G_p(t_i)$ i $G_k(t_i)$, przy czym:

- $G_p(t_i)$ wyznaczamy w oparciu o $RP_i(t_i)$ dla $x_i < x_G^*$
- $G_k(t_i)$ wyznaczamy w oparciu o $RP_i(t_i)$ dla $x_i > x_G^*$

- (3) na podstawie $G_p(t_i)$ oraz $G_k(t_i)$ wyznaczamy:

$$x_G(t_i) = L \left(1 - \frac{G_p(t_i)}{G_k(t_i)} \right)^{-1} \quad (10)$$

oraz - dla czasu t_i :

$$(\lambda_B \rho_B - \lambda_A \rho_A)_k = \frac{2Dw}{w_{spk}^2} \cdot \frac{G_k(t_i) \cdot L}{x_G(t_i)} \quad (11.1)$$

$$(\lambda_B \rho_B - \lambda_A \rho_A)_p = - \frac{2Dw}{w_{sp}^2} \cdot \frac{G_p(t_i) \cdot L}{L - x_G(t_i)} \quad (11.2)$$

gdzie: w_{sp} - średnia prędkość przepływu - obliczone od $x=0$ do $x=x_G$
 w_{spk} - średnia prędkość przepływu - obliczone od $x=x_G$ do $x=L$

Powinno być tym być:

$$(\lambda_B \rho_B - \lambda_A \rho_A)_p = (\lambda_B \rho_B - \lambda_A \rho_A)_k$$

(4) Przyjmujemy, że przez czas t_k wartość $(\lambda_B \varphi_B - \lambda_A \varphi_A)$ nie ulegnie zmianie, a wobec tego po czasie t_k (t. zn. w czasie $t_2 = t_1 + t_k$) powinno być:

$$\Delta X_G = \int_{t_1}^{t_2} W_{SR}(t) dt \quad (9.1)$$

$$\Delta G_P = \frac{1}{2D_u} W_{SRP}^2 (\lambda_B \varphi_B - \lambda_A \varphi_A) \cdot \frac{\Delta X_G}{L} \quad (12.1)$$

$$\Delta G_K = \frac{1}{2D_u} W_{SRK}^2 (\lambda_B \varphi_B - \lambda_A \varphi_A) \cdot \frac{\Delta X_G}{L} \quad (12.2)$$

(5) W czasie $t_2 = t_1 + t_k$ powinno wyznaczony $G_P(t_2)$ i $G_K(t_2)$ i sprawdzać:

$$G_P(t_2) - [G_P(t_1) + \Delta G_P] > \partial G_P \quad (13.1)$$

$$G_K(t_2) - [G_K(t_1) + \Delta G_K] < \partial G_K \quad (13.2)$$

gdzie: ∂G_P i ∂G_K - pewne wartości graniczne (obrot nieczułości procedury).

Jeżeli tak - zmniejsz, że nie ma uycieku.

Jeżeli nie - zmniejsz że jest uyciek.

Przy braku uycieku wskazywać do (3)

Przy stwierdzeniu uycieku:

(6) Dla każdego punktu pomiarowego i wyznaczony:

- dla $x_i < x_G(t_1) + \Delta x_G$

$$RRP_i(t_2) = RPi(t_1) - [G_P(t_1) + \Delta G_P] \cdot x_i \quad (14.1)$$

- dla $x_i > x_G(t_1) + \Delta x_G$:

$$RRP_i(t_2) = RPi(t_1) - [G_K(t_1) + \Delta G_K] \cdot (L - x_i) \quad (14.2)$$

(7) Wyznaczamy i_u , spełniające warunek:

$$\min_{i_u} RRP_i(t_2) \quad (15)$$

(8) Wyniesramy metoda analizy regresyjnej gradienty:

* $G_{PR}(t_2)$ - dla $RP_i(t_2)$ oraz $i < i_n$

* $G_{KR}(t_2)$ - dla $RP_i(t_2)$ oraz $i > i_n$

(9) Wyniesramy miqioce wyceku (podobnie jak (7)):

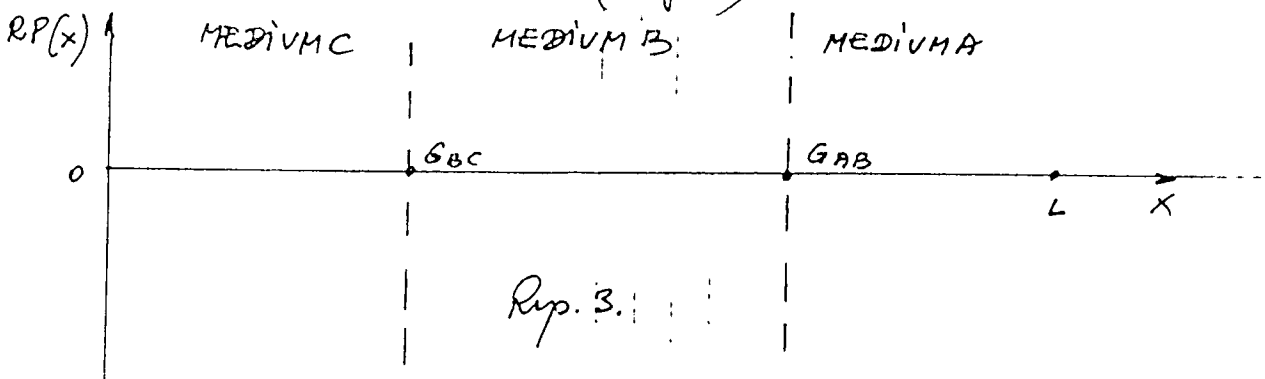
$$x_v = L \left(1 - \frac{G_{PRi}(t_2)}{G_{KRi}(t_2)} \right)^{-1} \quad (16)$$

UWAQA: (1) Dla precyzyjnych wartosci ^{ilozyjow λ} λ_{BSB} i λ_{KPB} nalezy zapobiedz sie tylnym, $|(\lambda_{BSB} - \lambda_{KPB})| = 6 \rightarrow 7$. oznacza to, ze jedyli granice srodzisk medion znajduja sie w srodkiem czesci swobodnej, wówczas maksymalne wartosci RP_i wynosza 250-300 kPa, os ratem 2-2,5 wazy wieksze od stwierdzonych dotychczas maksymalnych spolkow ciqnicia sp_u , spowodowanych wycekiem.

(2) Przy monitorowaniu informacji o wyceku - opowaz o procedurze XGV powinno sie rowniez podawac wyznik testu FQ (bez wzgledu na to, czy stwierdzono on wyceki: czy termie).

2.3. Wyprowadzenie teoretyczne trzech medion.

Przy teoretycznym trzech medion: A, B, C, wystepuja dwie granice ich srodzisk: G_{AB} i G_{BC} (z p. 3).



Równania, opisujące sortkady $RP(x)$:

* dla $0 \leq x \leq x_{GBC}$

$$RP(x) = -\frac{1}{2D_u} W_{sz}^2 \left[(\lambda_C \rho_C - \lambda_B \rho_B) \left(1 - \frac{x_{GBC}}{L}\right) + (\lambda_B \rho_B - \lambda_A \rho_A) \left(1 - \frac{x_{GAB}}{L}\right) \right] \cdot x \quad (17.1)$$

* dla $x_{GBC} \leq x \leq x_{GAB}$

$$RP(x) = -\frac{1}{2D_u} W_{sz}^2 \left[(\lambda_C \rho_C - \lambda_B \rho_B) \frac{x_{GBC}}{L} (L-x) + (\lambda_B \rho_B - \lambda_A \rho_A) \left(1 - \frac{x_{GAB}}{L}\right) \cdot x \right] \quad (17.2)$$

* dla $x_{GAB} \leq x \leq L$

$$RP(x) = -\frac{1}{2D_u} W_{sz}^2 \left[(\lambda_C \rho_C - \lambda_B \rho_B) \cdot \frac{x_{GBC}}{L} + (\lambda_B \rho_B - \lambda_A \rho_A) \cdot \frac{x_{GAB}}{L} \right] (L-x) \quad (17.3)$$

Procedurę śledzenia granic sortkady mediów x_{GAB} i x_{GBC} oraz wykorzystania i lokalizacji uyciów opisanej niżej na podobnych zasadach, jak dla jednoczesnego przepływu dwóch mediów, są jednak znacząco bardziej złożone. Na tym etapie pominiemy ich opis.

UWAŻA! Wpółnocymnik: tarcia $\lambda_A, \lambda_B, \lambda_C$ itd. dotyczy również obszernej rozciągłości. Aby wiektóre dokładnie wyznaczenie x_G i x_u materiałowy ratunek ma sortkady $\lambda(x)$. Różnice λ w porządkowych odciętach mogą być znaczne. Ale aby taki sortkady wyznaczyć, należy dysponować sortkadam i innymi w swoim, uśrednionym tym samym medium, dla kombinacji dwóch różnych mediów. W jednoczesnym peniarze 53