Strata ciśnienia na odcinku CD

$$h_{CD} = \frac{Q_o^2 l_3}{K_3^2} .$$

Dla $d_3 = 100$ mm i $n = 0,011$ określamy z tablicy 7.12a $K_3 = 61,4$ l/s

$$h_{CD} = \frac{10^2 \cdot 100}{61,4^2} = 2,65 \text{ m} .$$

Stratę ciśnienia na odcinku BC obliczamy ze wzoru (8.27)

$$h_{BC} = \left(Q_o^2 + Q_o q\, l_2 + \frac{q^2 l_2^2}{3} \right) \frac{l_2}{K_2^2} ,$$

gdzie $K_2 = 180$ l/s dla $d_2 = 150$ mm.

Po podstawieniu zadanych wartości liczbowych otrzymamy

$$h_{BC} = \left(10^2 + 10 \cdot 0,1 \cdot 200 + \frac{0,1^2 \cdot 200^2}{3} \right) \frac{200}{180^2} = 2,6 \text{ m} .$$

Strata ciśnienia na odcinku AB

$$h_{AB} = \frac{(Q_o + q\, l_2)^2}{K_1^2} l_1 = \frac{(10 + 0,1 \cdot 200)^2}{388^2} \cdot 300 = 1,78 \text{ m} ,$$

gdzie $K_1 = 388$ l/s dla $d_1 = 200$ mm.

Wartość naporu wynosi $H = 1,78 + 2,6 + 2,68 = 7,03$ m.

8.2.5. SIEĆ ROZGAŁĘZIENIOWA I PIERŚCIENIOWA

Sieć rozgałęzieniowa stanowi układ otwarty, składający się z ciągu głównego przewodów magistralnych (od punktu zasilania do najdalszego punktu odbioru cieczy) oraz z odgałęzień wychodzących z przewodów magistralnych (do odbiorców usytuowanych w różnych punktach).

Sieć pierścieniowa składa się z szeregu zamkniętych pierścieni. Zaletą tego typu sieci jest to, że do każdego punktu sieci pierścieniowej woda może dopływać co najmniej z dwu stron. Sieć pierścieniowa dzięki swym dodatnim cechom jest powszechnie stosowana w wodociągach miejskich, podczas gdy sieć rozgałęzieniowa stosowana jest np. w małych osiedlach, w niektórych zakładach przemysłowych.

1. Sieć rozgałęzieniowa

Dla sieci rozgałęzieniowej obliczenie strat ciśnienia oraz średnic nie jest skomplikowane.

Nie wnikając w szczegóły projektowania sieci wodociągowej (nie wchodzi to bowiem w zakres mechaniki płynów) podany będzie na konkretnym prostym przykładzie sposób obliczenia sieci rozgałęzieniowej.

Rozpatrzmy schemat sieci rozgałęzieniowej (rys.8.15). Dla obliczenia tego typu sieci zakładamy, że zadane są następujące wielkości:

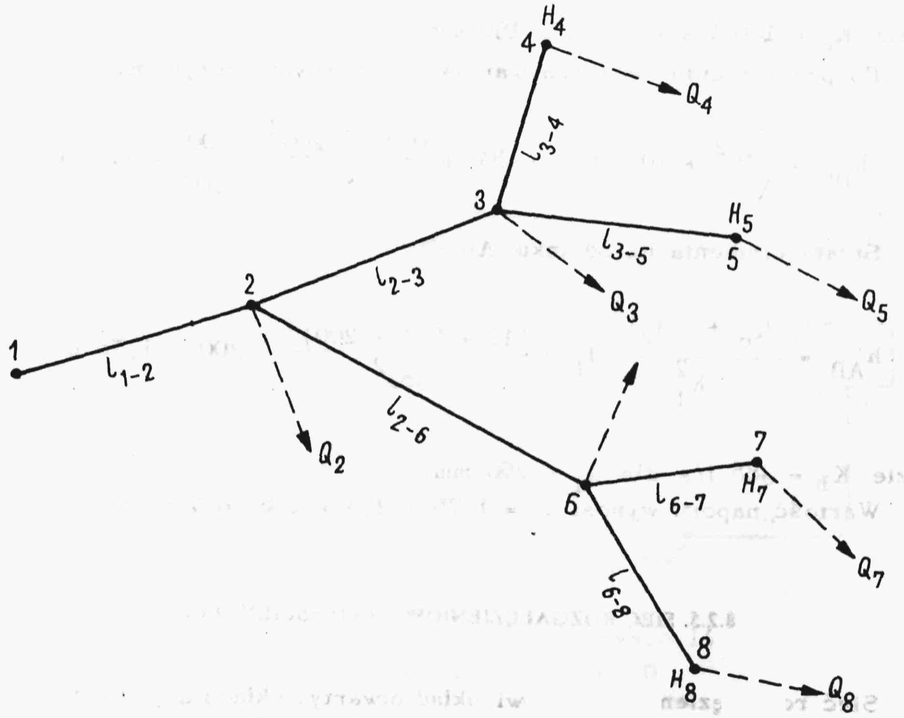
a) długość wszystkich przewodów sieci,

b) wydatki w węzłach i punktach końcowych Q_i,

c) napory w punktach końcowych H_4, H_5, H_7, H_8.

d) średnice przewodów d_{i-j} z wyjątkiem końcowych odcinków 3-4, 6-7, 6-8.

e) chropowatość wewnętrzna przewodów.



Rys.8.15

Przewodem magistralnym w rozważanym przypadku będzie ciąg przewodów 1-2-3-5, na którym występuje maksymalna różnica naporów pomiędzy punktem początkowym a końcowym.

Konkretnym zadaniem w tym przypadku jest obliczenie:

a) wydatków, czyli natężeń przepływu na wszystkich odcinkach sieci,

b) strat ciśnienia na długości wszystkich przewodów oraz naporów w punkcie początkowym 1 i we wszystkich węzłach 2,3,6,

c) średnicy przewodów 3-4, 6-7, 6-8.

Tok obliczeń będzie następujący. W obliczeniach stosować będziemy wzór (7.31) $h_{s\downarrow} = \frac{Q^2 l}{K^2} = A\, l\, Q^2$. Zaczynamy od odcinka końcowego 3-5 przewodu magistralnego.

Wydatek na odcinku 3-5 jest równy $q_{3-5} = Q_5$. Oznaczając znaną długość i średnicę tego odcinka przez l_{3-5} i d_{3-5} obliczamy oporność odcinka 3-5

$$M_{3-5} = A_{3-5}\, l_{3-5}.$$

Strata ciśnienia na odcinku 3-5 równa jest ze wzoru (7.31)

$$h_{3-5} = M_{3-5}\, q_{3-5}^2 = M_{3-5}\, Q_5^2 .$$

Po określeniu h_{3-5} obliczymy napór w węźle 3

$$H_3 = H_5 + h_{3-5} .$$

Sprawdzamy, czy $H_3 > H_4$, jeżeli tak, to główny ciąg przewodów magistralnych został prawidłowo wybrany.

Określamy z kolei stratę ciśnienia na odcinku 3-4

$$h_{3-4} = H_3 - H_4 .$$

Znając wydatek $q_{3-4} = Q_4$ i stratę ciśnienia h_{3-4} obliczymy oporność jednostkową ze wzoru (7.31)

$$A_{3-4} = \frac{h_{3-4}}{q_{3-4}^2\, l_{3-4}} .$$

Z tablicy 7.12 określamy średnicę d_{3-4}.
Przechodzimy obecnie do odcinka 2-3, na którym wydatek jest równy

$$q_{2-3} = Q_1 + Q_5 + Q_3.$$

Znając średnicę i długość odcinka 2-3, łatwo wyznaczyć oporność

$$M_{2-3} = A_{2-3} l_{2-3}.$$

Strata ciśnienia na odcinku 2-3 jest równa

$$h_{2-3} = M_{2-3}\, q_{2-3}^2 = M_{2-3}\left(Q_1 + Q_5 + Q_3\right)^2.$$

Napór w punkcie 2

$$H_2 = H_3 + h_{2-3} = H_5 + h_{3-5} + h_{2-3}.$$

Wydatek na odcinku 2 - 6

$$q_{2-6} = Q_6 + Q_7 + Q_8.$$

Ponieważ znane są średnica i długość odcinka 2-6, to możemy określić

$$M_{2-6} = A_{2-6} l_{2-6}.$$

Strata ciśnienia będzie wówczas równa

$$h_{2-6} = M_{2-6} q_{2-6}^2 = M_{2-6}\left(Q_6 + Q_7 + Q_8\right)^2.$$

Znając h_{2-6} obliczymy napór w punkcie 6

$$H_6 = H_2 - h_{2-6}.$$

Z kolei znając napory w punktach 6,7,8 obliczamy straty i wydatki na odcinkach 6-7 i 6-8:

$$h_{6-7} = H_6 - H_7, \qquad h_{6-8} = H_6 - H_8,$$

$$q_{6-7} = Q_7, \qquad q_{6-8} = Q_8.$$

Można teraz określić średnice d_{6-7} i d_{6-8} z następujących zależności korzystając z tablicy 7.12

$$A_{6-7} = \frac{h_{6-7}}{q_{6-7}^2 l_{6-7}},$$

analogicznie

$$A_{6-8} = \frac{h_{6-8}}{q_{6-8}^2 l_{6-8}}.$$

Wydatek na odcinku 1-2

$$q_{1-2} = \sum_{i=2}^{8} Q_i.$$

Strata ciśnienia na tym odcinku

$$h_{1-2} = A_{1-2} l_{1-2} q_{1-2}^2.$$

Napór w punkcie początkowym sieci równy jest

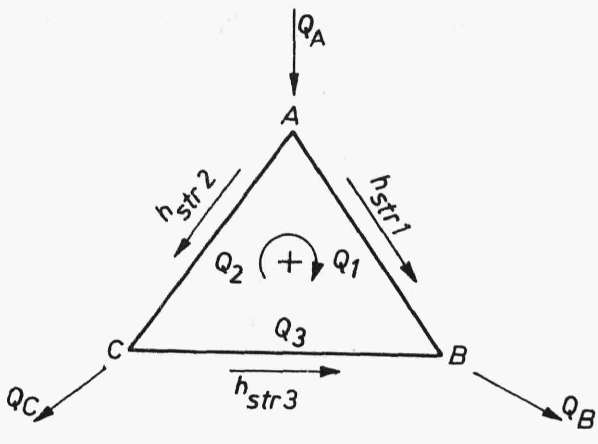
$$H_1 = H_2 + h_{1-2}.$$

W warunkach rzeczywistych należy uwzględnić różnice wysokości położenia węzłów sieci. W tym przypadku do naporów w określonych punktach dodajemy wysokości ich położenia względem poziomego układu odniesienia $H_i' = H_i + z$.

2. Sieć pierścieniowa

Obliczenie sieci pierścieniowej (rys.8.16) sprowadza się zazwyczaj do określenia średnic albo wydatków cieczy w poszczególnych przewodach sieci.

Dla określenia niewiadomych wielkości mamy do dyspozycji układ równań oparty na dwu warunkach:



Rys.8.16

a. Suma dopływów do węzła powinna równać się sumie odpływów z węzła, czyli algebraiczna suma wydatków w każdym węźle równa się zero

$$\sum_{n=1}^{n} Q_i = 0, \tag{8.31}$$

gdzie n - ilość wydatków w węźle.

Przy sumowaniu można przyjąć dopływy ze znakiem dodatnim, a odpływy ze znakiem ujemnym.

b. Algebraiczna suma strat ciśnienia w każdym zamkniętym pierścieniu równa się zero

$$\sum_{j=1}^{m} h_j = 0, \tag{8.32}$$

gdzie m - liczba odcinków przewodu w pierścieniu.

Przy sumowaniu przyjmuje się stratę ciśnienia przy przepływie w kierunku zgodnym z ruchem wskazówki zegara za dodatnią, przy przepływie zaś w kierunku przeciwnym - za ujemną.

Dla każdego węzła można napisać równanie (8.31), z wyjątkiem węzła ostatniego, dla którego równanie to zamienia się w tożsamość, zatem przy w węzłach będzie (w - 1) równań. Dla każdego pierścienia można napisać równanie (8.32), a więc dla p pierścieni będzie p równań. W sumie będzie p + w - 1 równań.

Z zależności geometrycznej wynika, że suma wszystkich pierścieni i wszystkich węzłów równa jest sumie odcinków n zwiększonej o 1, a zatem

$$p + w = n + 1 \quad \text{lub} \quad n = p + w - 1.$$

Dla obliczenia wydatków oraz średnic liczba niewiadomych wynosi 2n, co oznacza, że jest ona dwa razy większa od liczby równań. Taki układ jest nierozwiązalny bez dodatkowych założeń.

Przy założeniu, np. dowolnych średnic rozkład wydatków będzie ściśle określony i zależny od wielkości średnic. W tym przypadku dla znalezienia $n = p + w - 1$ wydatków dysponujemy tą samą liczbą równań, ponieważ równania (8.27) można przedstawić w następującej postaci:

Ponieważ $h = A\,l\,Q^2 = M\,Q^2$,

to

$$\sum_{j=1}^{m} h_j = \sum_{j=1}^{m} M_j Q_j^2 = 0. \qquad (8.33)$$

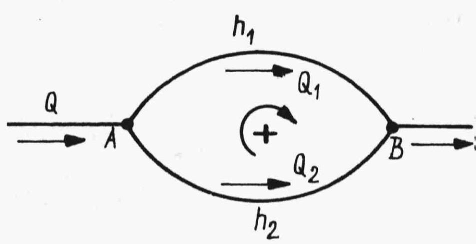
Oporność M_j zależy od przyjętych długości i średnic poszczególnych odcinków.

Niewiadome Q_j występują w drugiej potędze; uniemożliwia to rozwiązanie układu równań w sposób ścisły. Najczęściej spotykane są rozwiązania metodą kolejnych przybliżeń.

Ze znanych metod przybliżonych rozwiązań najszersze zastosowanie w praktyce projektowania sieci pierścieniowej zdobyła metoda Crossa - -Łobaczewa.

Omówienie i zastosowanie metod przybliżonych obliczeń różnego rodzaju sieci pierścieniowej są bardzo szeroko i szczegółowo przedstawione w książkach specjalistycznych z zakresu obliczenia i projektowania sieci wodociągowych (41), (46).

Na najprostszym przykładzie omówimy podstawowe zasady obliczenia sieci złożonej tylko z 1 pierścienia (rys.8.17) według metody Crossa - Łobaczewa.



Rys.8.17

Z równań (8.26) i (8.27) otrzymujemy dla tego przykładu zależności:

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

$$h_1 - h_2 = 0,$$

gdzie według równania (8.33) napiszemy:

$$h_1 = M_1 Q_1^2, \qquad h_2 = M_2 Q_2^2.$$

Dla założonych wydatków Q_1 i Q_2 wyznacza się średnice d_1 i d_2 przy zachowaniu właściwych prędkości ($v = 1 \div 3$ m/s). Znając długości i średnice można określić M_1 i M_2. Założone w ten sposób wydatki różnią się od rzeczywistych, wskutek czego $h_1 - h_2 = \Delta h \neq 0$.

Aby straty na obu odcinkach były jednakowe należy wprowadzić poprawkę $\pm \Delta Q$, odejmując ją od wydatku, który dawał większe straty i dodając do tego, który dawał straty mniejsze.

Jeżeli np. $\Delta h < 0$ (za mały wydatek na odcinku 1), to nowe przepływy będą $Q_1 + \Delta Q$, $Q_2 - \Delta Q$.

Po uwzględnieniu poprawki ΔQ w wyżej podanych równaniach otrzymamy

$$M_1(Q_1 + \Delta Q)^2 - M_2(Q_2 - \Delta Q)^2 = 0.$$

Po wymnożeniu i odrzuceniu poprawki $(\Delta Q)^2$ jako wielkości bardzo małej wyższego rzędu napiszemy

$$M_1 Q_1^2 - M_2 Q_2^2 + 2\Delta Q(M_1 Q_1 + M_2 Q_2) = 0,$$

stąd

$$\Delta Q = \frac{-M_1 Q_1^2 + M_2 Q_2^2}{2(M_1 Q_1 + M_2 Q_2)}.$$

Wzór ten można uogólnić, jeżeli pierścień zawiera kilka odcinków o różnych średnicach i wydatkach

$$Q = \frac{-\sum_{i=1}^{n} M_i Q_i^2}{2\sum_{i=1}^{n} M_i Q_i} = \frac{-\sum_{i=1}^{n} h_i}{2\sum_{i=1}^{n} \frac{h_i}{Q_i}}. \tag{8.34}$$

We wzorze tym występują sumy algebraiczne, a więc znak jest zależny od kierunku przepływu.

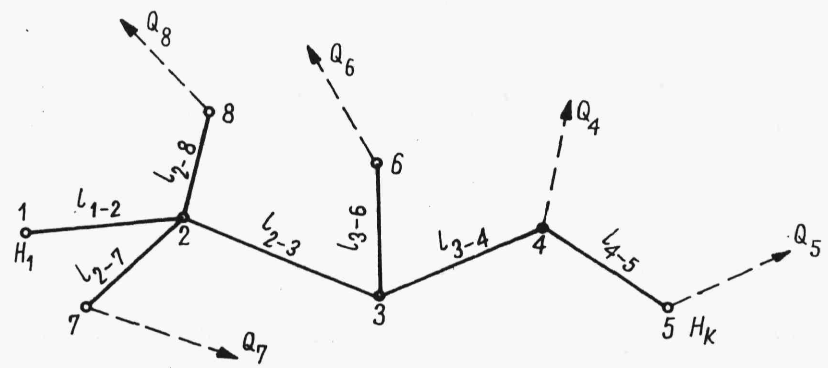
Tok obliczeń dla omawianego schematu w ujęciu tabelarycznym jest następujący:

Wpisujemy długości odcinków, średnice i wydatki w 1 przybliżeniu. Ze znakiem ujemnym liczy się wydatek dla przepływu w pierścieniu o kierunku przeciwnym do kierunku ruchu wskazówki zegara.

Znając długości, średnice i wydatki na odcinkach zamkniętego pierścienia wyznaczamy $M_i Q_i$ oraz $M_i Q_i^2$, a następnie ze wzoru (8.34) obliczamy poprawkę ΔQ.

Dla 2. przybliżenia po uwzględnieniu poprawki ΔQ z 1. przybliżenia powtarzamy cykl czynności aż do momentu, gdy ΔQ jest bardzo bliskie zero, a praktycznie, gdy ΔQ osiąga taką wartość, która odpowiada $\sum_{i=1}^{n} h_i < |0{,}5|$ m.

Przykład 8.8. Obliczyć średnice przewodów poziomej rozgałęzionej sieci (rys.8.18), jeżeli napór w punkcie początkowym przewodu magistralnego wynosi $H_1 = 30$ m, napory w punktach odbioru powinny być nie mniejsze niż $H_k = 5$ m.



Rys.8.18

Długości poszczególnych odcinków wynoszą:
$l_{1-2} = 200$ m, $l_{2-3} = 300$ m, $l_{3-4} = 250$ m, $l_{4-5} = 150$ m,
$l_{2-8} = 100$ m, $l_{2-7} = 150$ m, $l_{3-6} = 100$ m.

Wydatki w punktach odbioru:
$Q_7 = 10$ l/s, $Q_8 = 8$ l/s, $Q_6 = 15$ l/s, $Q_4 = 5$ l/s, $Q_5 = 12$ l/s.

Rozwiązanie. Całkowita strata naporu na głównym ciągu 1-2-3-4-5

$$h_{sl} = H_1 - H_5 = 30 - 5 = 25 \text{ m.}$$

Średni spadek hydrauliczny

$$I_{śr} = \frac{h_{sl}}{l} = \frac{25}{200 + 300 + 250 + 150} = 0{,}0278 .$$

Wielkości przepustowości na poszczególnych odcinkach przewodu magistralnego 1-2-3-4-5:

$$K^2_{4-5} = \frac{Q^2_{4-5}}{I_{śr}} = \frac{Q^2_5}{I_{śr}} = \frac{12^2}{0,0278} = 5180\ l^2/s^2, \qquad K_{4-5} = 72\ l/s,$$

$$K^2_{3-4} = \frac{Q^2_{3-4}}{I_{śr}} = \frac{(Q_4+Q_5)^2}{I_{śr}} = \frac{17^2}{0,0278} = 10\ 000\ l^2/s^2, \qquad K_{3-4} = 102\ l/s,$$

$$K^2_{2-3} = \frac{Q^2_{2-3}}{I_{śr}} = \frac{(Q_6+Q_4+Q_5)^2}{I_{śr}} = \frac{32^2}{0,0278} = 36\ 900\ l^2/s^2, \quad K_{2-3} = 192\ l/s,$$

$$K^2_{1-2} = \frac{Q^2_{1-2}}{I_{śr}} = \frac{(\Sigma Q)^2}{I_{śr}} = \frac{50^2}{0,0278} = 90\ 000\ l^2/s^2, \qquad K_{1-2} = 300\ l/s.$$

Z tablicy 7.12a dla $n = 0,111$ wyznaczamy odpowiadające im średnice:

$d_{4-5} = 100$ mm, $d_{3-4} = 125$ mm, $d_{2-3} = 150$ mm, $d_{1-2} = 200$ mm.

Obliczamy rzeczywiste straty ciśnienia w poszczególnych przewodach przyjmując wartości przepustowości odpowiadające poszczególnym średnicom:

$$h_{sl\ 1-2} = \frac{Q^2_{1-2} l_{1-2}}{K^2_{1-2}} = \frac{50^2 \cdot 200}{150,6 \cdot 10^3} = 3,32\ m,$$

$$h_{sl\ 2-3} = \frac{Q^2_{2-3} l_{2-3}}{K^2_{2-3}} = \frac{32^2 \cdot 300}{32,46 \cdot 10^3} = 9,46\ m,$$

$$h_{sl\ 3-4} = \frac{Q^2_{3-4} l_{3-4}}{K^2_{3-4}} = \frac{17^2 \cdot 250}{12,28 \cdot 10^3} = 5,88\ m,$$

$$h_{sl\ 4-5} = \frac{Q^2_{4-5} l_{4-5}}{K^2_{4-5}} = \frac{12^2 \cdot 150}{3,734 \cdot 10^3} = 5,78\ m.$$

Całkowita strata naporu

$$h_{sl} = 3,32 + 9,46 + 5,88 + 5,78 = 24,44 \text{ m}.$$

Dla wyznaczenia średnic poszczególnych odgałęzień wyznaczamy wartości przepustowości:

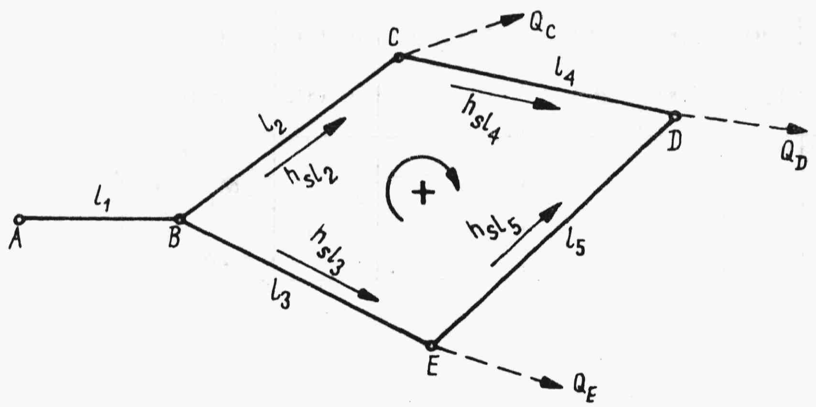
$$K^2_{3-6} = \frac{Q^2_{3-6} l_{3-6}}{h_{3-6}} = \frac{15^2 \cdot 100}{30 - 3,32 - 9,46 - 5} = 1836 \ l^2/s^2,$$

$$K^2_{2-8} = \frac{Q^2_{2-8} l_{2-8}}{h_{2-8}} = \frac{8^2 \cdot 100}{30 - 3,32 - 5} = 287 \ l^2/s^2,$$

$$K^2_{2-7} = \frac{Q^2_{2-7} l_{2-7}}{h_{2-7}} = \frac{10^2 \cdot 150}{30 - 3,32 - 5} = 683 \ l^2/s^2.$$

Z tablicy 7.12a wyznaczamy odpowiadające im średnice: d_{3-6} = = 100 mm, d_{2-8} = 75 mm, d_{2-7} = 75 mm.

Przykład 8.9. Obliczyć metodą Crossa-Łobaczewa układ w postaci zamkniętego pierścienia z odgałęzieniem (rys.8.19). Zadane są długości odcinków układu oraz wielkości odbiorów w węzłach:
l_1 = 800 m, l_2 = 200 m, l_3 = 300 m, l_4 = 400 m, l_5 = 500 m,
Q_C = 0,02 m³/s, Q_D = 0,01 m³/s, Q_E = 0,012 m³/s.



Rys.8.19

Rozwiązanie. Do obliczenia tego układu stosujemy metodę kolejnych przybliżeń Crossa - Łobaczewa w następującej kolejności:

1) zakładamy odpowiednio kierunki przepływu oraz średnice i wydatki odcinkowe jako 1 przybliżenie wpisując obierane wartości w podanym zestawieniu,

2) wpisujemy również wyznaczone z tablicy 7.12 dla założonych średnic i współczynnika chropowatości k = 0,5 mm - oporności jednostkowe A_i, a następnie oporności przewodów $M_i = A_i l_i$,

3) następnie wpisujemy iloczyny $M_i Q_i$ oraz $h_{sl_i} = M_i Q_i^2$,

4) wyliczamy poprawkę dla pierścienia

$$\Delta Q = \frac{-\sum M_i Q_i^2}{2\sum M_i Q_i}; \qquad \sum h_{sl_i} = \sum M_i Q_i^2,$$

5) dla kolejnych przybliżeń powtarzamy cykl obliczeń aż do osiągnięcia wartości sumy strat ciśnienia $\sum h_{sl_i} < |0,5|$m, wówczas należy uważać, że obliczenie przeprowadzono z wystarczającą dokładnością.

Nr odcinka	d_i [mm]	l_i [m]	A_i $[s^2/m^6]$	$M_i = A_i l_i$ $[s^2/m^5]$	Pierwsze przybliżenie		
					Q_i $[m^3/s]$	$M_i Q_i$	$h_{sl_i} = M_i Q_i^2$
2	200	200	6,418	1284	+0,025	32,1	+0,8025
3	150	300	29,31	8793	-0,017	149,5	-2,5412
4	80	400	819,4	327760	+0,005	1638,8	+8,1940
5	150	500	250,7	125350	-0,005	626,8	-3,1338
						$\sum M_i Q_i =$ = 2447,2	$\sum h_{sl_i} = \sum M_i Q_i^2 =$ = 3,3215

$$\Delta Q_1 = \frac{-3,3215}{2 \cdot 2447,2} \approx -0,001 \ m^3/s.$$

Uwzględniamy poprawkę $\Delta Q_1 \approx -0,001 \ m^3/s$

Nr odcinka	Drugie przybliżenie		
	$Q_i + \Delta Q_1$	$M_i(Q_i + \Delta Q_1)$	$h'_{sl_i} = M_i(Q_i + \Delta Q_1)^2$
2	+0,024	30,816	+0,7396
3	-0,018	158,274	-2,6489
4	+0,004	1311,040	+5,2442
5	-0,006	752,100	-4,5126
		$\sum M_i(Q_i - \Delta Q_1) =$ $= 2252,23$	$\sum h'_{sl_i} = -1,377$

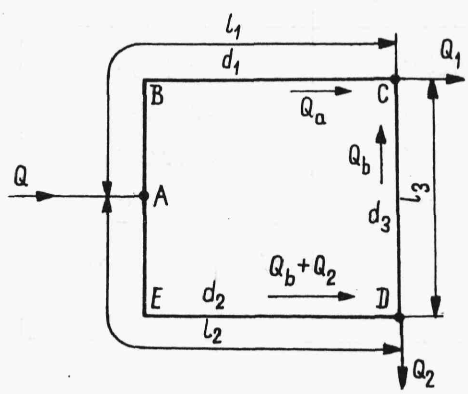
$$\Delta Q_2 = -\frac{-1,377}{2 \cdot 2252,23} = +0,0003 \ m^3/s.$$

Nr odcinka	Trzecie przybliżenie		
	$Q_i + \Delta Q_1 + \Delta Q_2$	$M_i(Q_i + \Delta Q_1 + \Delta Q_2)$	$h''_{sl_i} = M_i(Q_i + \Delta Q_1 + \Delta Q_2)^2$
2	+0,0243	31,128	+0,7564
3	-0,0177	155,636	-2,7548
4	+0,0043	1409,368	+6,0603
5	-0,0057	714,495	-4,0726
		$\sum = 2310,627$	$\sum h''_{sl_i} = -0,0107$

$$\Delta Q_3 = -\frac{-0,0107}{2 \cdot 2310,627} = 0,0000023 \approx 0,$$

$$\sum h''_{sl_i} < |0,5| \ m.$$

Otrzymaliśmy więc w 3 przybliżeniu wartości właściwych wydatków na odcinkach zamkniętego czworoboku: $Q_2 = 0{,}0243\ m^3/s$, $Q_3 = 0{,}0177\ m^3/s$, $Q_4 = 0{,}0043\ m^3/s$, $Q_5 = 0{,}0057\ m^3/s$ (znaki ujemne określają tylko kierunek przepływu niezgodny z ruchem wskazówki zegara).



Rys.8.20

Przykład 8.10. Do punktu A zamkniętego pierścienia wodociągowego (rys.8.20) o wymiarach - $d_1 = d_2 = 175$ mm, $l_1 = 1000$ m, $l_2 = 700$ m, $l_3 = 300$ m, dopływa woda o wydatku $Q = 15$ l/s. Obliczyć średnicę d_3 odcinka CD, jeżeli odbiór w węźle C jest dwukrotnie większy od odbioru w węźle D, tj. $Q_1 = 2\,Q_2$, zaś do węzła C dopływa przewodem ABC 75% odbioru Q_1. Współczynnik chropowatości $n = 0{,}0125$.

Rozwiązanie. Obliczamy stratę ciśnienia na długości l_1 przewodu ABC

$$h_{ABC} = \frac{Q_a^2 l_1}{K_1^2}.$$

Strata ciśnienia na długości AEDC jest równa

$$h_{AEDC} = \frac{(Q_b + Q_2)^2 l_2}{K_2^2} + \frac{Q_b^2 l_3}{K_3^2}.$$

Straty te są oczywiście jednakowe, a więc

$$\text{(a)} \qquad \frac{Q_a^2 l_1}{K_1^2} = \frac{(Q_b + Q_2)^2 l_2}{K_2^2} + \frac{Q_b^2 l_3}{K_3^2}.$$

W tym równaniu mamy cztery niewiadome: Q_a, Q_b, Q_2, K_3. Wydatki wyznaczamy z następujących zależności:

$$Q = Q_1 + Q_2, \quad Q_1 = 2Q_2, \quad Q_a = 0{,}75\ Q,$$

stąd

$$Q_2 = \frac{Q}{3} = 5\ l/s, \quad Q_1 = 10\ l/s, \quad Q_a = 7{,}5\ l/s, \quad Q_b = 2{,}5\ l/s\ .$$

Wartości przepustowości wyznaczamy z tablicy 7.12a dla $n = 0{,}0125$

$$K_1 = K_2 = 238{,}9\ l/s, \quad \text{dla} \quad d_1 = d_2 = 175\ \text{mm}.$$

Podstawiając otrzymane wartości do równania (a) obliczymy K_3^2

$$\frac{7{,}5^2 \cdot 1000}{57\ 080} = \frac{(5 + 2{,}5)^2 \cdot 700}{57\ 080} + \frac{2{,}5^2 \cdot 300}{K_3^2}$$

lub

$$\frac{7{,}5^2}{57\ 080} = \frac{2{,}5^2}{K_3^2},$$

stąd

$$K_3^2 = 6342\ l^2/s^2\ .$$

Znając wartość K_3^2 określamy z tablicy 7.12a średnicę $d_3 = 125$ mm.

8.3. POMPA W UKŁADZIE PRZEWODÓW

Dla dostarczenia lub przetłaczania określonej ilości cieczy z miejsca zasilania do miejsca odbioru stosowane są pompy w układzie przewodów. Pompa w układzie przewodów, zwana również instalacją pompową, składa się z przewodu ssawnego, zespołu pompowego i przewodu tłocznego (rys.8.21).

Praca pompy polega na zasysaniu cieczy w przewodzie ssawnym a następnie na przetłoczeniu w przewodzie tłocznym.

Energię dostarczaną przez pompę przepływającej cieczy nazywamy całkowitą wysokością pompowania.