

sca. Nieraz w razie zwiększenia się zapotrzebowania wody w pewnym miejscu, kiedy istniejący przewód już nie wystarcza, układany jest obok niego drugi, niekiedy trzeci przewód - tej samej, albo innej średnicy - zależnie od zapotrzebowania wody i od wymaganego ciśnienia.

### PRZEWOD, WYDATKUJACY WODE PO DRODZE.

209. Dotychczas rozpatrywaliśmy przewody, które doprowadzały wodę do końca. Wiemy, jaki dla takiego przypadku jest przebieg linii ciśnień. Obecnie rozpatrzymy przypadek, kiedy przewód dostarcza wodę nie tylko do końca, lecz jeszcze wydatkuje wodę po drodze.

Przypuśćmy, że ze zbiornika wypływa  $Q_1 + Q_0$ , z czego do końca  $C$  przewodu dopływa  $Q_0$ , pozostała ilość  $Q_1$  jest wydatkowana wzdłuż całego przewodu  $AB$ . Długość przewodu niech będzie  $L$ , i średnica  $D$ .

W rzeczywistości wydatkowanie wody po drodze odbywać się będzie w ten sposób, że na danym przewodzie będzie wykonany szereg odgałęzień, znajdujących się na mniejszej lub większej odległości jedno od drugiego. Każdem odgałęzieniem odpływać

odpowiednia ilość wody.

W celu wyznaczenia linii ciśnień w przewodzie dla takiego przypadku, można byłoby postępować w taki sposób:

Niech w punkcie	$B$	będzie wydatek	$q_1$
"	$C$	"	$q_2$
"	$E$	"	$q_3$

i t.d.

tak, iż  $q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = Q_0$ .

Możemy zatem powiedzieć, że:

przez odcinek  $AB$  płynie  $Q_0 + q_1 + q_2 + \dots + q_n$

" "  $BC$  "  $Q_0 + q_2 + q_3 + \dots + q_n$

" "  $CE$  "  $Q_0 + q_3 + \dots + q_n$  i t.d.

Wówczas na pierwszym odcinku  $AB$  otrzymamy stratę ciśnienia:

$$h_{t_1} = \frac{\lambda (Q_0 + q_1 + q_2 + \dots + q_n)^2}{D^5} \overline{AB}$$

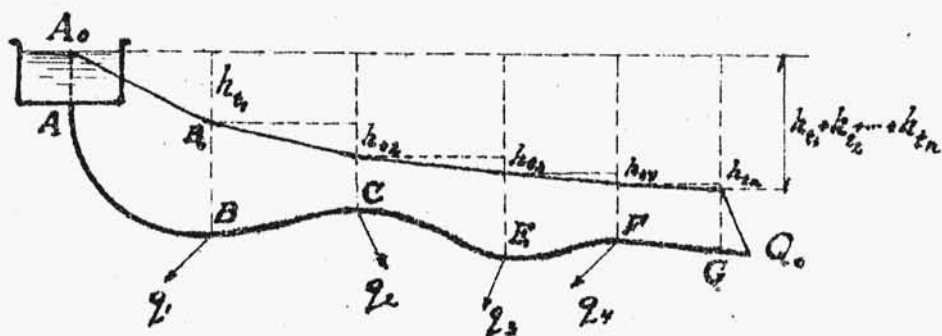
jeżeli przez  $\overline{AB}$  oznaczymy długość odcinka  $AB$  na odcinku drugim  $BC$  znajdziemy stratę w podobny sposób:

$$h_{t_2} = \frac{\lambda (Q_0 + q_2 + q_3 + \dots + q_n)^2}{D^5} \overline{BC} ;$$

dla odcinka następnego  $CE$  obliczymy stratę ciśnienia:

$$h_{t_3} = \frac{\lambda (Q_0 + q_3 + \dots + q_n)^2}{D^5} \overline{CE} \text{ i t.d.}$$

Mając te straty będziemy mogli wyznaczyć linję ciśnień:

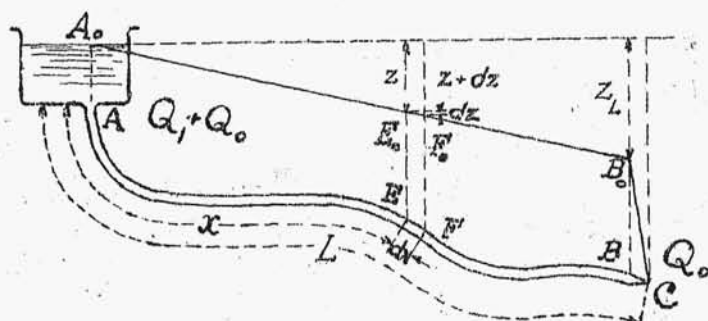


rys. I40 .

Podobne do podanego wyżej postępowania może znaleźć zastosowanie , kiedy punktów wydatkowania wody z przewodu jest niewiele ; przy bardzo znacznej liczbie tych punktów postępowanie takie byłoby zbyt uciążliwe.

210. Dlatego też musimy rozpatrzyć inny prostszy sposób. Przyjmijmy , że przewód nasz we wszystkich miejscach jest zdolny wydatkować wodę ; w tym celu wyobraźmy sobie , że przewód posiada na całej długości jakby podłużną szczelinę , przez którą jest możliwe stałe wyciekanie wody . Załóżmy jeszcze , że wydatkowanie wody przez taką szczelinę jest stałe na jednostkę długości przewodu , a więc i szczeliny .

Jeżeli więc na długości przewodu  $L$  wydatkowana jest ilość  $Q_1$ , zatem na jednostkę długości przewodu mamy wydatek  $\frac{Q_1}{L}$ ; wydatek ten przyj-



rys. 141

mujemy jako stały. W celu znalezienia równania linii ciśnień obierzmy na przewodzie przekrój  $E$  w odległości  $x$  od początku przewodu. Niech w piezometrze ustawionym w tym miejscu przewodu zwierciadło wody znajdzie się na poziomie  $E_0$ , w odległości  $Z$  od zwierciadła wody w zbiorniku. Weźmy następny przekrój w punkcie  $F$ , obranym dostatecznie blisko od  $E$ , w odległości  $dx$ . Niech piezometr wskazuje tu zwierciadło wody na wysokości  $F_0$ , w odległości  $Z + dz$  od poziomu zasadniczego.

Powiemy, że spadek zwierciadła w piezometrze

$F'$  w porównaniu z piezometrem  $E$  o wysokość  $dz$  powstał skutkiem straty ciśnienia, spowodowanej przepływem wody przez przewód o długości  $dx$ .

Przez przekrój  $E$  przepływa ta ilość wody, która ma być wydatkowana na pozostałej części przewodu o długości  $(L-x)$  oraz wydatek końcowy  $Q_0$ , zatem ilość wody:

$$\frac{Q_0}{L}(L-x) + Q_0.$$

Wobec dostatecznie małej długości  $dx$  możemy przyjąć, że dopiero co otrzymana ilość przepływającej wody przez  $E$  pozostaje taką samą aż do przekroju  $F'$ ; stąd otrzymamy możność obliczenia straty ciśnienia  $dz$  na długości przewodu  $dx$ .

Na zasadzie równania z art. napi- szemy:

$$dz = \lambda \left[ \frac{Q_0}{L}(L-x) + Q_0 \right]^2 \frac{dx}{D^5}.$$

Jest to równanie różniczkowe linji ciśnień dla naszego przypadku.

Po scałkowaniu otrzymamy:

$$z = \frac{\lambda}{D^5} \int \left[ \frac{Q_0}{L}(L-x) + Q_0 \right]^2 dx + Constans.$$

W celu scałkowania oznaczmy:

$$\frac{Q_1}{L}(L-x) + Q_0 = y,$$

Stąd po zróżniczkowaniu:

$$-dx \cdot \frac{Q_1}{L} = dy \quad \text{albo} \quad dx = -\frac{L}{Q_1} \cdot dy.$$

Wówczas całka:

$$\int \left[ \frac{Q_1}{L}(L-x) + Q_0 \right]^2 dx = -\frac{L}{Q_1} \int y^2 dy = -\frac{L}{3Q_1} y^3;$$

po przywróceniu znaczenia  $y$  otrzymamy:

$$-\frac{L}{3Q_1} \left[ \frac{Q_1}{L}(L-x) + Q_0 \right]^3.$$

Wtedy

$$Z = -\frac{\lambda}{3D^5} \cdot \frac{L}{Q_1} \left[ \frac{Q_1}{L}(L-x) + Q_0 \right]^3 + \text{Constans.}$$

Stałą całkowania wyrugujemy z warunku, że przy  $x=0, Z=0$ , t.j. że na początku przewodu linja ciśnień zaczyna się na swobodnej powierzchni wody w zbiorniku /o ile nie chcemy uwzględnić prędkości przepływu cieczy w przewodzie/ i odpowiedniej wysokości prędkości /patrz art. /.

Dla warunku  $x=0$  i  $Z=0$  znajdziemy:

$$0 = -\frac{\lambda}{3D^5} \cdot \frac{L}{Q_1} \left[ Q_1 + Q_0 \right]^3 + \text{Const.};$$

stad

$$Const. = \frac{\lambda}{3D^3} \cdot \frac{L}{Q_0} [Q_0 + Q_0]^3 ;$$

wtedy

$$Z = \frac{\lambda}{3D^3} \cdot \frac{L}{Q_0} [(Q_0 + Q_0)^3 - (\frac{Q_0}{L}(L-x) + Q_0)^3] \quad /132/$$

Jest to równanie krzywej  $A_0 E_0 F_0 B_0$ , przedstawiającej szukaną linię ciśnień.

Krzywa ta jest parabolą sześcienną. Jeżeli byśmy ją wykreślili z punktów, przekonalibyśmy się, że ta część paraboli, która w danem zagadnieniu przechodzi przez  $A_0 E_0 F_0 B_0$ , jest bardzo płaską, nie wiele różniącą się od prostej, łączącej punkty  $A_0$  i  $B_0$ .

Szczególniej, kiedy długość przewodu nie różni się znacznie od rzutu poziomego tego przewodu.

Wobec powyższego w praktyce przyjmujemy, że szukaną linią ciśnień jest linją prostą, przechodzącą przez punkt  $A_0$  na swobodnej powierzchni ponad początkiem przewodu i przez punkt końcowy  $B_0$  tej linii ciśnień.

Spółrzędne tych punktów są:  $x=0$  i  $Z=0$  oraz  $x=L$  i  $Z=Z_L$ . Co się tyczy wartości  $Z_L$  określimy ją z równania /132/, podstawia-

jąc w niem  $x=L$  ; otrzymamy:

$$Z_L = \frac{\lambda}{3D^5} \cdot \frac{L}{Q_1} \left[ (Q_1 + Q_0)^3 - Q_0^3 \right] ,$$

albo po otworzeniu nawiasu:

$$Z_L = \frac{\lambda}{3D^5} \cdot \frac{L}{Q_1} \left[ Q_1^3 + 3Q_1^2 Q_0 + 3Q_1 Q_0^2 \right] ,$$

albo jeszcze inaczej:

$$Z_L = \frac{\lambda}{D^5} L \left[ \frac{Q_1^2}{3} + Q_1 Q_0 + Q_0^2 \right] \dots \dots \dots /133/$$

211. Zbadajmy, co oznaczają poszczególne wyrazy ostatnio otrzymanego równania ? W tym celu wartość  $Z_L$  przedstawimy w postaci:

$$Z_L = \frac{\lambda Q_1^2 L}{3 D^5} + \frac{\lambda Q_1 Q_0 L}{D^5} + \frac{\lambda Q_0^2 L}{D^5} \dots \dots (a)$$

i założymy, że  $Q_0 = 0$  , to znaczy, że mamy wydatek tylko na drodze; wtedy wartość  $Z'_L$  otrzymamy:

$$Z'_L = \frac{\lambda Q_1^2 L}{3 D^5} ;$$

widzimy, że pierwszy wyraz równania (a) oznacza stratę ciśnienia z powodu tego, że cały wydatek zachodzi na drodze, w końcu zaś przewodu woda nie jest wydatkowana. Jednocześnie dostrzegamy, że w tym przypadku strata ciśnienia jest trzy razy

mniejsza, niż gdyby taki sam wydatek był poniesiony w całości w końcu przewodu.

Gdyby założyć, że  $Q_1 = 0$ , wówczas, z równania (a) znajdziemy stratę  $Z_L'' = \frac{\lambda Q_0^2 L}{D^5}$ ,

czyli, zgodnie z tem, co otrzymaliśmy dawniej, jest to strata ciśnienia, spowodowana wydatkiem  $Q_0$  na końcu przewodu.

Poza tem widzimy w (a), że kiedy mamy jednocześnie obydwa wydatki  $Q_1$  na drodze i  $Q_0$  na końcu przewodu, wówczas całkowita strata  $Z_L$  składa się nie tylko z sumy  $Z_L'$  i  $Z_L''$ , lecz jeszcze dochodzi trzeci wyraz, który możemy uważać jako stratę uzupełniającą, powstałą jakby skutkiem fikcyjnego wydatku końcowego, równego

$$\sqrt{Q_1 Q_0}.$$

212. Z równania /133/

$$Z_L = \frac{\lambda}{D^5} L \left[ \frac{Q_1^2}{3} + Q_1 Q_0 + Q_0^2 \right]$$

możemy wyznaczyć wartość  $Z_L$ , co następnie pozwoli nam na wykreślenie przybliżonej linii ciśnień.

Obliczanie, jednak, według powyższego rów-

nania jest dość uciążliwe, gdyż wymaga kilku działań.

Pokażemy teraz, jak można obliczenie  $Z_L$  uskutecznić prędzej, z dostateczną dokładnością.

Prawa strona równania /133/ może być uważana, że jest utworzona zgodnie z ogólną postacią wzoru na stratę ciśnienia w przewodzie, wydatkującym wodę na końcu. Wyraz, pomieszczony w nawiasie, możemy uważać jako kwadrat pewnego z as t ę p c z e g o wydatku  $Q$ , dopływającego do końca tak, że

$$\frac{Q_1^2}{3} + Q_0 Q_1 + Q_0^2 = Q^2,$$

albo

$$Q = \sqrt{\frac{Q_1^2}{3} + Q_0 Q_1 + Q_0^2}.$$

Wielkość pod pierwiastkiem nie jest zupełnym kwadratem; bliżej rozważając dostrzegamy, że jest dość zbliżoną do kwadratu  $\frac{Q_1}{\sqrt{3}} + Q_0$ , albo do kwadratu  $\frac{Q_1}{2} + Q_0$ . Przytem dostrzegamy, że

$$\frac{Q_1}{\sqrt{3}} + Q_0 > Q > \frac{Q_1}{2} + Q_0.$$

albo

$$0,58 Q_1 + Q_0 > Q > 0,5 Q_1 + Q_0.$$

Z tych nierówności możemy przyjąć, że nie popełnimy znaczniejszej omyłki, jeśli przyjmiemy że

$$Q = 0,55 Q_0 + Q_0$$

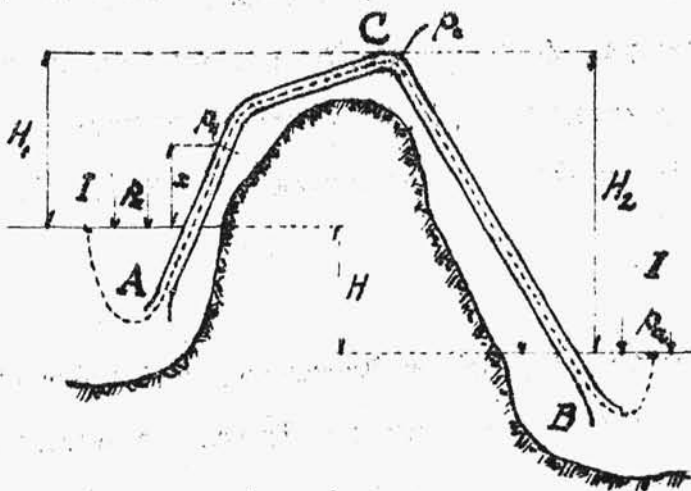
Określiwszy w ten sposób zastępczy wydatek  $Q$ , otrzymujemy prostszy wzór na obliczenie straty ciśnienia na końcu przewodu:

$$z_2 = \frac{\lambda L}{D^5} (Q_0 + 0,55 Q_0)^2 \dots \dots \dots /134/$$

Wzór ten jest często stosowany przy obliczaniu rur sieci wodociągowej.

#### RURY LEWAROWE /SSAWA/.

213. Przepływ cieczy ze zbiornika I do zbiornika II może być dokonany przy pomocy rury **ACB**



wygiętej  
w postaci  
litery **U**  
zanurzonej  
obydwo-  
ma  
końcami w  
ciecz I i  
II naczynia.

rys. 142.