

chcemy mieć większą pewność w dostarczeniu potrzebnej ilości wody ze zbiornika do danego miejsca. Nie-raz 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.

252. PRZEWÓD WYDATKUJĄCY WODĘ PO DRODZE.

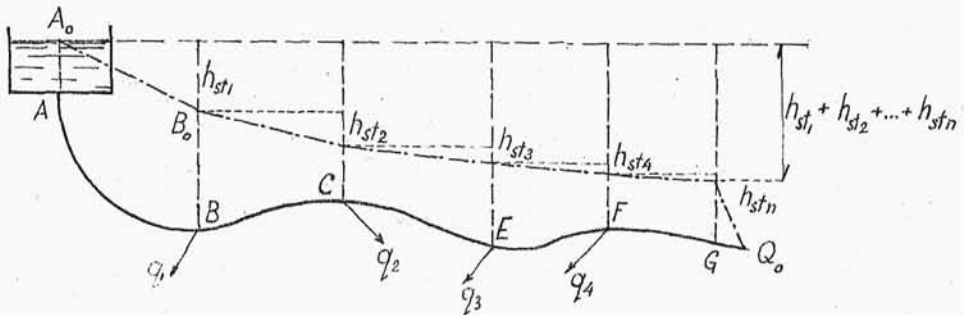
Dotychczas rozpatrywaliśmy przewody, które doprowadzały wodę do końca. Wiemy, jaki dla takiego przypadku jest przebieg linii ciśnień. Obecnie rozpatrzymy przypadek, kiedy przewód dostarcza wodę nie tylko do końca, lecz jeszcze wydankuje wodę po drodze.

Przypuśćmy, że ze zbiornika wypływa $Q_1 + Q_0$ wody, z czego do końca przewodu dopływa Q_0 , pozostała ilość Q_1 jest wydatkowana wzdłuż całego przewodu AB /rys. 166/. 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. Każdym odgałęzieniem odpływać będzie odpowiednia ilość wody:

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



rys.165.

Niech w punkcie B będzie wydatek q_1 /rys. 165/

"	"	"	C	"	"	q_2
"	"	"	E	"	"	q_3 itd.

tak, iż $q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = Q_1$

Możemy zatem powiedzieć, że

przez odcinek AB	plynie	$Q_0 + q_1 + q_2 + \dots + q_n$
" " BC	"	$Q_0 + q_2 + q_3 + \dots + q_n$
" " CE	"	$Q_0 + q_3 + \dots + q_n$ itd.

Wówczas na pierwszym odcinku AB otrzymamy stratę ciśnienia:

$$h_{st_1} = \frac{\lambda (Q_0 + q_1 + q_2 + \dots + q_n)^2}{D^5} \cdot \overline{AB},$$

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

$$h_{st_2} = \frac{\lambda (Q_0 + q_2 + q_3 + \dots + q_n)^2}{D^5} \cdot \overline{BC};$$

dla odcinka następnego CE obliczymy stratę ciśnienia:

$$h_{st_3} = \frac{\lambda (Q_0 + q_3 + \dots + q_n)^2}{D^5} \cdot \overline{CE} \quad \text{itd.}$$

Mając te straty będziemy mogli wyznaczyć linie ciśnień, jak to widać na rys.165.

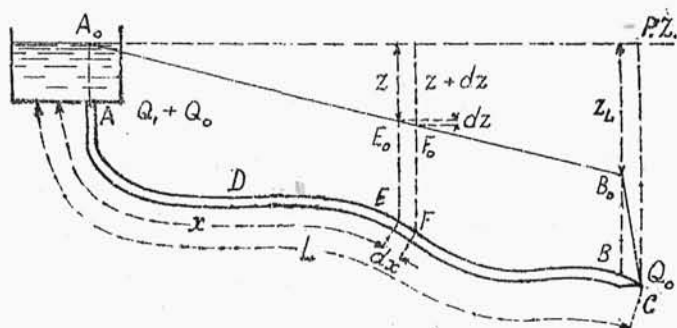
Podobny do podanego wyżej sposób może znaleźć zastosowanie, kiedy punktów wydatkowania wody z przewodu jest niewiele; przy znaczniejszej liczbie tych punktów postępowanie takie byłoby zbyt uciążliwe.

253. 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 *s t a ł e* 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 przyjmiemy jako stały. W celu znalezienia równania linii ciśnień obierzemy na przewodzie /rys.166/ przekrój E w odległości x od początku przewodu. Niech w piezometrze usta-



rys.166.

wionym w tym miejscu przewodu zwierciadło wody znajdzie się na poziomie E_0 w odległości z od zwierciadła wody w zbiorniku. Weźmy następny przekrój w punk-

cie F obranym dostatecznie blisko od E , w odległości dx . Niech piezometr wskazuje tu zwierciadło wody na wysokości E w odległości $z + dz$ od poziomu zasadniczego, obranego na swobodnej powierzchni wody w zbiorniku.

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 mieć będziemy możność obliczenia straty ciśnienia dz na długości przewodu dx .

Na zasadzie wzoru /117/, napiszemy:

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

Jest to równanie różniczkowe linii ciśnień w danym przypadku.

Scałkujemy to równanie:

$$Z = \frac{\lambda}{D^5} \int \left[\frac{Q_1}{L}(L-x) + Q_0 \right]^2 dx + const.$$

W celu scałkowania oznaczmy:

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

Stąd po zróżniczkowaniu:

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

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

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

Stałą całkowania wyrugujemy z warunku, że przy $x=0$, $Z=0$ tj. że na początku przewodu linia ciśnień zaczyna się na swobodnej powierzchni wody w zbiorniku, jeśli nie chcemy uwzględnić prędkości przepływu cieczy w przewodzie.

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

$$0 = -\frac{\lambda}{3D^5} \cdot \frac{L}{Q_1} [Q_1 + Q_0]^3 + const.$$

stąd

$$const. = \frac{\lambda}{3D^5} \cdot \frac{L}{Q_1} [Q_1 + Q_0]^3;$$

wtedy

$$Z = \frac{\lambda}{3D^5} \cdot \frac{L}{Q_1} \left[(Q_1 + Q_0)^3 - \left(\frac{Q_1}{L}(L-x) + Q_0 \right)^3 \right] \quad /150/$$

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

Krzywa ta jest t.zw. p a r a b o l ą s z e ś - c i e n n ą. Jeżelibyśmy ją wykreślili z punktów przekonalibyśmy się, że ta część paraboli, która w danym zagadnieniu przechodzi przez $A_0 E_0 F_0 B_0$ /rys.166/, jest bardzo płaską, nie wiele różniącą się od prostej, łączącej punkty A_0 i B_0 ; szczególnie, kiedy długość przewodu nie różni się od rzutu poziomego tego przewodu.

Wobec powyższego, w praktyce przyjmujemy, że szukaną linią ciśnień jest linią 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: punktu A_0 : $x=0$ i $z=0$ oraz punktu B_0 : $x=L$ i $z=z_L$. Co się tyczy

wartości Z_L określimy ją z równania /150/, podstawiając w nim $x=L$; otrzymamy:

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

albo po otworzeniu nawiasu:

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

albo jeszcze inaczej:

$$Z_L = \frac{\lambda}{D^5} L \left[\frac{Q_1^2}{3} + Q_1 Q_0 + Q_0^2 \right] \quad /151/$$

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

$$Z_L = \frac{\lambda Q_1^2 L}{3D^5} + \frac{\lambda Q_1 Q_0 L}{D^5} + \frac{\lambda Q_0^2 L}{D^5} \quad /a/$$

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

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

widzimy, że pierwszy wyraz równania /a/ oznacza stratę ciśnienia z powodu tego, że cały wydatek zachodzi tylko na drodze, w końcu zaś przewodu woda nie jest wydatkowana. Jednocześnie dostrzegamy, że w tym przypadku, strata ciśnienia jest t r z y r a z y m n i e j s z a, 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 tym, co otrzymaliśmy dawniej, jest to strata ciśnienia, spowodowana wydatkiem Q_0 na końcu przewodu.

Poza tym widzimy, w /a/, że kiedy mamy j e d - n o c z e ś n i e obydwa wydatki Q_1 na drodze i Q_0 w 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 skutkiem fikcyjnego w y d a t k u k o ń c o - w e g o, równego

$$\sqrt{Q_1 Q_0}.$$

255. Z równania /151/

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

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

Obliczanie, jednak, według powyższego równania jest dość uciążliwe, gdyż wymaga kilku działań.

Pokażemy teraz, jak można obliczenie uskutecznić prościej z dostateczną dokładnością.

Prawa strona równania /151/ może być uważana za

jest utworzona zgodnie z ogólną postacią wzoru na stratę ciśnienia w przewodzie, wydającym wodę na końcu. Wyraz, pomieszczony w nawiasie, możemy uważać jako kwadrat pewnego z a s t ę p c z e g o wydatku Q , dopływającego d o k o ń c a, 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 $\frac{Q_1}{2} + Q_0$. Przy tym 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 znaczącej omyłki, jeśli przyjmiemy, że

$$Q = 0,55 Q_1 + Q_0$$

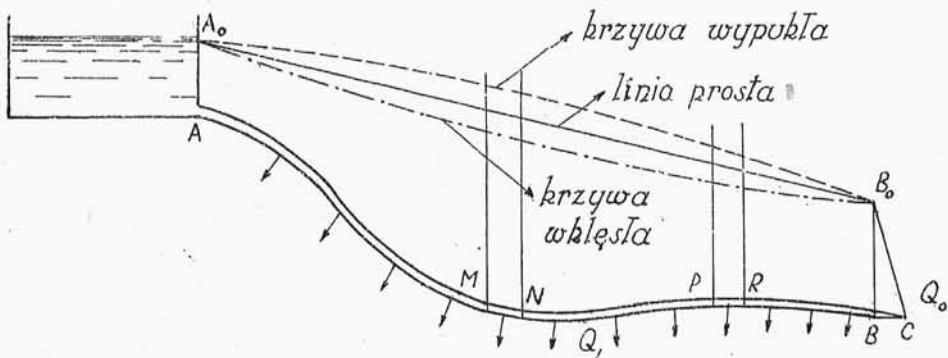
Określiwszy w ten sposób z a s t ę p c z y w y d a t e k Q , otrzymujemy prostszy wzór na obliczenie straty ciśnienia na końcu przewodu:

$$Z_L = \frac{\lambda L}{D^5} (Q_0 + 0,55 Q_1)^2 \quad /152/$$

Wzór ten jest często stosowany przy obliczaniu rur sieci wodociągowej.

256. Równanie linii ciśnień /150/, otrzymane w art.253, jest równaniem 3-go stopnia i jak tam powiedziano, jest równaniem paraboli sześcienniej. Nie będziemy badali tej krzywej, gdyż to nie ma dla nas znaczenia praktycznego.

Warto jednak sobie uprzytomnić: gdyby tę krzywą wykreślić naprz. z punktów, jaka to będzie krzywa wypukła, czy też wklęsła /rys.167/?

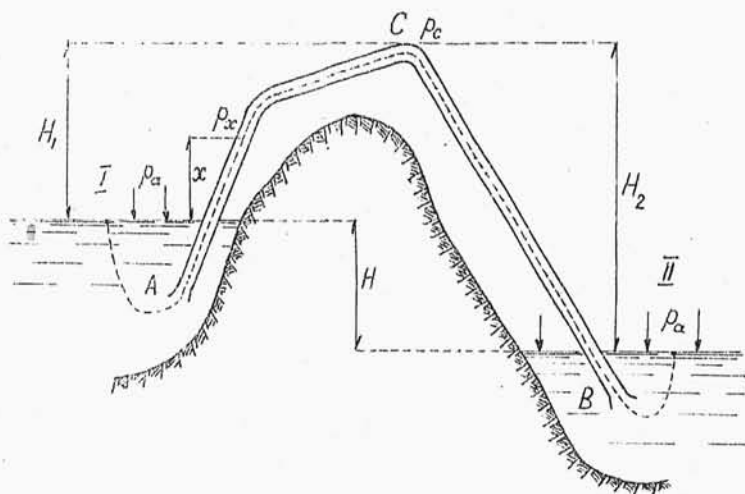


rys.167.

W tym celu rozpatrzmy dwa odcinki przewodu MN i PR jednakowej długości. Przez odcinek MN pływać musi więc więcej wody niż przez PR , gdyż między

N i P pewna część wody została po drodze wydatkowana. Jeśli więc odcinek MN i PR są tej samej średnicy, to na odcinku MN powinna zajść w i ę k s z a strata ciśnienia niż na odcinku PR . A taką własność może mieć tylko krzywa w k ł ę s ł a. Zatem ta część gałęzi paraboli sześcienniej, która ma dla nas znaczenie, jest krzywą wklęsłą.

257. RURA LEWAROWA /SSAWA/. Przepływ cieczy ze zbiornika I do zbiornika II /rys.168/ może być dokona-



rys.168.

ny przy pomocy rury ACB , wygiętej w postaci odwróconej litery U , zanurzonej obydwoima otwartymi końcami w ciecz I i II naczynia, czy też zbiornika. Rurę taką nazywamy l e w a r e m albo s s a w ą. Aby móc wywołać w lewarze ruch cieczy, należy rurę ACB odwrócić