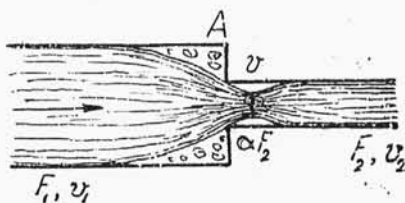


223. STRATY, SPOWODOWANE NAGŁYM PRZEJŚCIEM Z SZEROKIEGO DO WĄSKIEGO PRZEWODU.

Niech będzie przewód o przekroju F_1 , który w pewnym miejscu A przechodzi nagle w przekrój zmniejszony do F_2 /rys.



147/. Niech w przewodzie o przekroju F_1 ciecz płynie z prędkością v_1 , zaś w przewodzie o przekroju F_2

rys.147.

ciecz płynie z prędkością v_2 . Ze względu na ciągłość przepływu powinno być:

$$F_1 v_1 = F_2 v_2 .$$

Podczas przepływu cieczy z przekroju F_1 do przekroju F_2 , zachodzi dławienie strumienia; wobec tego w przewodzie węższym w pewnej odległości od A obserwujemy zdławiony przekrój $= \alpha F_2$, który tym bardziej będzie zdławiony, im większy jest przekrój F_1 w stosunku do F_2 . W zdławionym przekroju αF_2 niech będzie prędkość v .

Wobec zależności $F_2 v_2 = \alpha F_2 v$ mamy, że prędkość $v = \frac{v_2}{\alpha}$. Prędkość v powinna być $> v_2$. Zatem cząstki

przepływające przez przekrój αF_2 wchodzi do przekroju F_2 z prędkością v większą niż v_2 .

Następuje uderzenie cząstek, płynących z prędkością v o cząstki, płynące wolniej z prędkością v_2 i tę prędkość przybierają. Każda cząstka traci zatem prędkość $v - v_2$, co jest równoznaczne ze stratą odpowiedniej wysokości $\frac{(v - v_2)^2}{2g}$. Oznaczmy wysokość straconą z powodu nagłej zmiany przekroju przez h_{s2} , otrzymamy:

$$h_{s2} = \frac{(v - v_2)^2}{2g}; \text{ ponieważ } v = \frac{v_2}{\alpha},$$

więc

$$h_{s2} = \frac{v_2^2}{2g} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right)^2,$$

albo, zastępując $\left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right)^2$ przez ζ_2 , napiszemy:

$$h_{s2} = \zeta_2 \cdot \frac{v_2^2}{2g} \quad /132/$$

W rzeczywistości współczynnik ζ_2 jest bardziej złożony, niż to z poprzedniego wynika; możemy go otrzymać tylko drogą doświadczalną.

Według Weisbacha, jest: $\zeta_2 = 0,04 + \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right)^2$.

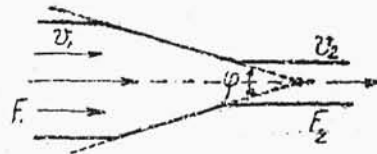
Wartości na α i ζ_2 podane są niżej w tabelce:

przy $F_2 : F_1 =$	0,01	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
współczynn. dławienia $\alpha =$	0,60	0,61	0,62	0,65	0,70	0,77	1,0
współczynn. zaś $\zeta_2 =$	0,48	0,45	0,42	0,33	0,23	0,13	0,0

224. Jeżeli zmiana przekroju zachodzi stopniowo, wtedy strata będzie mniejsza; współczynnik ζ'_2 zależy wtedy od kąta φ rozwartości stożka /rys.148/. W przybliżeniu można przyjąć,

że we wzorze /132/

$$\zeta'_2 = \frac{0.3}{8 \sin \frac{\varphi}{2}} \left[1 - \left(\frac{F_2}{F_1} \right)^2 \right] \quad /133/$$

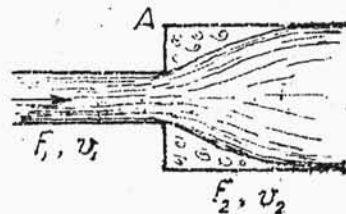


rys.148.

225. STRATY ,SPOWODOWANE NAGŁYM PRZEJŚCIEM Z WĄSKIEGO DO SZEROKIEGO PRZEWODU.

Niech będzie przewód o przekroju F_1 /rys.149/,

który w miejscu A przechodzi odrazu w większy przekrój F_2 . Prędkości w tych przekrojach niech będą v_1 i v_2 . Zależność



między prędkościami jest

rys.149.

znana: $F_1 v_1 = F_2 v_2$. Ponieważ $F_1 < F_2$, więc $v_1 > v_2$. Wiadomo zatem, że cząstki, płynące z prędkością v_1 , uderzają o cząstki płynące z mniejszą prędkością v_2 tracą na prędkości $v_1 - v_2$, co odpowiada straconej wysokości

$$h_{s3} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g};$$

ponieważ $v_1 = v_2 \frac{F_2}{F_1}$, więc

$$h_{s3} = \frac{v_2^2}{2g} \left[\frac{F_2}{F_1} - 1 \right]^2$$

Jeżeli oznaczymy $\left(\frac{F_2}{F_1} - 1 \right)^2 = \zeta_3$, wówczas

$$h_{s3} = \zeta_3 \cdot \frac{v_2^2}{2g} \quad /134/$$

Jeżeli $F_2 : F_1 =$

1,1	1,3	1,5	2	3	5	10
0,01	0,09	0,25	1,0	4	16	81

wtedy $\zeta_3 = \left(\frac{F_2}{F_1} - 1 \right)^2 =$

0,01	0,09	0,25	1,0	4	16	81
------	------	------	-----	---	----	----

226. Jeśli przekrój F_2 jest bardzo duży w porównaniu z F_1 , wtedy prędkość v_2 jest bardzo znaczna wobec prędkości v_1 . Wówczas wzór pierwszy

$$h_{s3} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

da nam wysokość straconą przy nagłej zmianie przekroju

$$h'_{s3} = \frac{v_1^2}{2g} \quad /135/$$

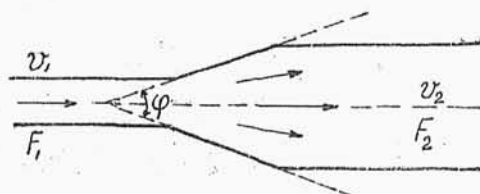
Będzie to na przykład wtedy, kiedy przewód doprowadza ciecz do dużego zbiornika.

227. W przypadku stopniowego rozszerzenia przewodu /rys.150/ strata będzie mniejsza i współczynnik ζ'_3 można w przybliżeniu przyjąć:

$$\zeta'_3 = \left(\frac{F_2}{F_1} - 1 \right)^2 \sin^2 \varphi,$$

gdzie kąt φ jest kątem rozwartości stożka, sama zaś strata

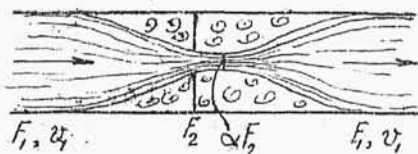
$$h''_{s3} = \left(\frac{F_2}{F_1} - 1 \right)^2 \sin^2 \varphi \frac{v_2^2}{2g} \quad /136/$$



rys.150.

228. STRATA PRZY PRZEJŚCIU CIECZY PRZEZ OTWÓR W BŁONIE /w ścianie wewnętrznej/.

Niech w przewodzie o przekroju F_1 znajduje się błona z otworem o przekroju F_2 /rys.151/. Obserwując przepływ cieczy, zauważymy, że strumień za błoną otrzymuje przekrój węższy, niż przekrój otworu w błonie. Niech to będzie przekrój αF_2 , gdzie α zależy powinno od stosunku $\frac{F_1}{F_2}$. Jeżeli prędkość w przewodzie F_1 jest v_1 , wtedy prędkość v w najbardziej zwężonym przekroju αF_2 znajdziemy z warunku:



rys.151.

$$v_1 F_1 = v \alpha F_2, \quad \text{stąd} \quad v = v_1 \frac{F_1}{F_2} \cdot \frac{1}{\alpha}.$$

Przyjmujemy, że strata energii w danym przypadku zachodzi z tego powodu, iż cząstki, płynące z prędkością v , uderzają o cząstki, płynące z prędkością mniejszą v_1 . Mamy zatem stratę prędkości $v - v_1$, co jest równoznaczne ze stratą wysokości:

$$h_{s4} = \frac{(v - v_1)^2}{2g}, \text{ albo } h_{s4} = \frac{v_1^2}{2g} \left[\frac{F_1}{F_2} \cdot \frac{1}{\alpha} - 1 \right]^2$$

Oznaczmy $\left[\frac{F_1}{F_2} \cdot \frac{1}{\alpha} - 1 \right]^2$ przez ζ_4 , otrzymamy:

$$h_{s4} = \zeta_4 \cdot \frac{v_1^2}{2g} \quad /137/$$

Z doświadczeń Weisbacha mamy:

przy	$F_2:F_1 =$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	$\alpha =$	0,65	0,66	0,67	0,68	0,7	0,72	0,75	0,82	0,9	1,0
i	$\zeta_4 =$	226	47,8	17,8	7,8	3,75	1,79	0,8	0,29	0,06	0,0

W tablicy tej zwraca na siebie uwagę fakt, że straty wysokości są bardzo znaczne przy stosunkach $\frac{F_2}{F_1} < 0,5$, kiedy zatem przekrój otworu w błonie jest mniejszy od połowy przekroju przewodu.

229. STRATY SPOWODOWANE PODCZAS PRZEPŁYWU CIE- CZY PRZEZ ZASUWY, ZAWORY, KURKI, KLAPY itp.

Wszystkie te przypadki dadzą się wyrazić wzorem:

$$h_s = \zeta \cdot \frac{v_1^2}{2g}$$

gdzie współczynnik ζ zależy przede wszystkim od

stosunku F przekroju przewodu pełnego do przekroju zmniejszonego F_1 przez takie czy inne urządzenie, zaś prędkość v_1 jest prędkością w przekroju F_1 .

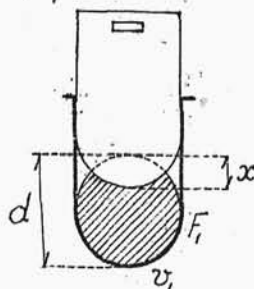
Jesteśmy w posiadaniu wielu doświadczeń w tym względzie; niżej podajemy ważniejsze wyniki :

a/ Straty spowodowane zasuwą /rys.152/ obliczamy według Weisbach'a z wzoru:

$$h_{s5} = \zeta_5 \frac{v_1^2}{2g} \quad /138/$$

ζ_5 bierzemy z poniższej tabelki.

W tablicy F oznacza pełny przekrój przewodu, F_1 oznacza przekrój swobodny dla przepływu, uwarunkowany wysokością opuszczenia x zasuw.



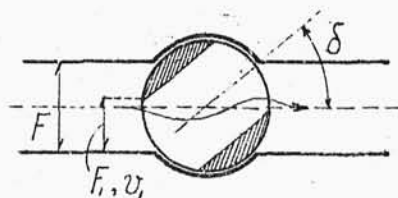
rys.152.

$\frac{x}{d}$	0	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
$\frac{F_1}{F}$	1	0,95	0,86	0,74	0,61	0,47	0,32	0,16
ζ_5	0	0,07	0,26	0,81	2,06	5,52	17,0	97,8

b/ Straty spowodowane kurkiem /rys.153/ obliczamy z wzoru

$$h_{s6} = \zeta_6 \frac{v_1^2}{2g} \quad /139/$$

ζ_6 bierzemy z tabelki:

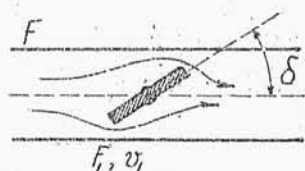


rys.153.

δ	10°	20°	30°	40°	50°	60°	65°	$82\frac{1}{2}^\circ$
$\frac{F_i}{F}$	0,85	0,69	0,54	0,39	0,25	0,14	0,09	0
Z_s	0,29	1,56	5,47	17,3	52,6	206,0	486,0	∞

c/ Straty spowodowane przepustnicą

/rys.154/ obliczamy z wzoru:



$$h_{s7} = Z_7 \cdot \frac{v_i^2}{2g} \quad /140/$$

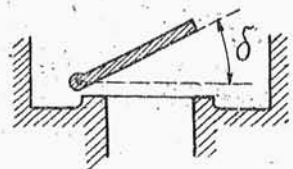
rys.154.

Z_7 obieramy z tabelki

δ	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
Z_7	0,52	1,54	3,91	10,8	32,6	118	751

d/ Straty spowodowane klapą /rys.155/ obli-

czamy z wzoru



$$h_{s8} = Z_8 \cdot \frac{v_s^2}{2g} \quad /141/$$

Z_8 obieramy z tabelki

rys.155.

δ	15°	20°	30°	45°	60°	70°
Z_8	90	62	30	9,5	3,2	1,7

e/ Do obliczenia strat, spowodowanych z a -
w o r e m t a l e r z o w y m z prowadzeniem gór-
nym /rys.156/ stosujemy wzór

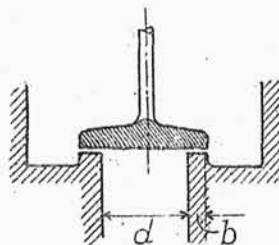
$$\left. \begin{aligned} h_{sg} &= \zeta_g \cdot \frac{v^2}{2g}, \\ \text{gdzie} \quad \zeta_g &= m + n\left(\frac{d}{Z}\right)^2 \end{aligned} \right\} \quad /142/$$

przy czym Z - oznacza wyso-
kość skoku zaworu ($Z=0,1d \dots 0,25d$),
zaś

$$m = 0,55 + \frac{4(b-0,1d)}{d}$$

$$n = 0,15 \dots 0,16$$

$$b = 0,1d \dots 0,25d$$



rys.156.

Wzór /142/ stosuje się przy Z i b podanych w
przytoczonych granicach.

Na tych kilku przypadkach ograniczamy przyta-
czanie wzorów i liczb, odsyłając potrzebujących wię-
cej szczegółów do specjalnych podręczników informa-
cyjnych.

230. STRATY SPOWODOWANE NAGŁĄ ZMIANĄ KIERUNKU.

Niech będzie przewód o przekroju F . Przewód
ten zmienia kierunek swój nagle, tworząc kąt δ