

Po scałkowaniu otrzymamy

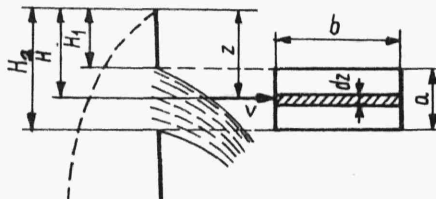
$$T = \frac{8}{5} \frac{\frac{4}{3} \pi r^3}{\mu f \sqrt{2g} \cdot 2r} = \frac{8}{5} \frac{V}{\mu f \sqrt{2g} D},$$

gdzie: D - średnica kuli,
 V - objętość kuli.

5.3. WYPŁYW PRZES DUŻE OTWORY

5.3.1. WYPŁYW USTALONY

Przy obliczaniu wypływu cieczy przez mały otwór mogliśmy przyjąć, że prędkość wypływu we wszystkich punktach przekroju strugi jest jednakowa a średnie zagłębienie otworu stanowi odległość od jego środka do zwierciadła cieczy w zbiorniku. W przypadku jednak wypływu przez duży otwór nie można rozpatrywać średniej prędkości wypływu, ponieważ strugi dolne mają znacznie większą prędkość wypływu niż górne.



Rys.5.23

Rozważmy ustalony wypływ cieczy przez otwór prostokątny o szerokości b i wysokości a (rys.5.23); oznaczając przez $H_1 = \text{const}$ i $H_2 = \text{const}$ - zagłębienia górnej i dolnej krawędzi danego otworu, przez H - wysokość położenia zwierciadła cieczy od środka otworu.

Wyodrębnijmy w przekroju otworu na głębokości z elementarną powierzchnię o wysokości dz i szerokości b . Traktując tę powierzchnię jako mały otwór możemy przyjąć, że prędkość wypływu przez ten otwór $v = \sqrt{2g z}$. Elementarny wydatek przez powierzchnię elementarnego paska $dF = b dz$ jest równy

$$dQ = v_r dF = \mu b \sqrt{2g z} dz.$$

Całkując to równanie w granicach od H_1 do H_2 otrzymamy całkowity wydatek wypływu cieczy

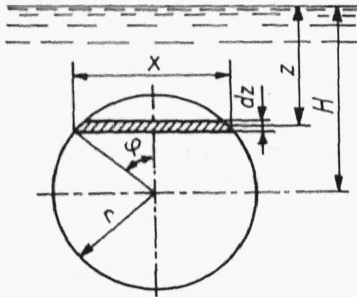
$$Q = \mu b \sqrt{2g} \int_{H_1}^{H_2} \sqrt{z} dz,$$

skąd

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left(H_2^{3/2} - H_1^{3/2} \right). \quad (5.14)$$

Uwzględniając zależności $H_1 = H - \frac{a}{2}$; $H_2 = H + \frac{a}{2}$, możemy napisać

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left[\left(H + \frac{a}{2} \right)^{3/2} - \left(H - \frac{a}{2} \right)^{3/2} \right]. \quad (5.15)$$



Rys.5.24

Obliczmy wydatek dla ustalonego wypływu przez otwór kołowy o promieniu r (rys.5.24)

$$Q = \mu \sqrt{2g} \int_{H-r}^{H+r} x \sqrt{z} dz. \quad (5.16)$$

Uwzględniając następujące zależności:
 $z = H - r \cos \varphi$ $dz = r \sin \varphi d\varphi$;
 $x = 2r \sin \varphi$, otrzymamy

$$Q = \mu \sqrt{2g} H r^2 2 \int_0^{\pi} \sin^2 \varphi \sqrt{1 - \frac{r}{H} \cos \varphi} d\varphi. \quad (5.17)$$

5.3.2. WYPŁYW NIEUSTALONY

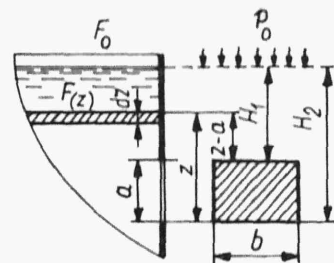
Rozważmy teraz przypadek nieustalonego wypływu cieczy przez duży otwór prostokątny (rys.5.25).

Czas opróżnienia zbiornika możemy podzielić na dwie fazy - na obniżenie się zwierciadła cieczy do górnej krawędzi, a następnie poniżej górnej krawędzi otworu.

Drugą fazę wypływu, gdy zwierciadło cieczy znajdzie się poniżej górnej krawędzi otworu, nazywamy przelewem.

Chwilowy wydatek przy dowolnym położeniu powierzchni zwierciadła $F(z)$ napiszemy na podstawie wzoru (5.14) w postaci

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left[z^{3/2} - (z - a)^{3/2} \right].$$



Rys.5.25