

$$Re = \frac{v \cdot 4R_h}{\gamma},$$

$$R_h = \frac{0,2 \cdot 0,65 - 2 \frac{\pi}{4} 0,075^2 - 0,075^2}{2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,65 + 2\pi 0,075 + 4 \cdot 0,075} = 0,047 \text{ m},$$

$$F = 0,2 \cdot 0,65 - 2 \frac{\pi}{4} 0,075^2 - 0,075^2 = 0,1155 \text{ m}^2,$$

$$v = \frac{500}{3600 \cdot 0,1155} = 1,202 \text{ m/s},$$

$$Re = \frac{1,202 \cdot 4 \cdot 0,047 \cdot 10^6}{1,3} = 1,73 \cdot 10^5,$$

$$\varepsilon = \frac{k}{4R_h} = \frac{0,4}{4 \cdot 0,047} = 0,0021.$$

Współczynnik  $\lambda$  znajdujemy z wykresu Colebrooka i White'a

$$\lambda = 0,025$$

Strata ciśnienia na jednostkę długości kanału wynosi

$$\Delta p = 0,025 \frac{1}{4 \cdot 0,047} \frac{1100 \cdot 1,202^2}{2} \cdot 9,81 = 106,24 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}.$$

## 7.6. RUCH NIEUSTALONY W PRZEWODACH POD CIŚNIENIEM

### 7.6.1. UWAGI WSTĘPNE

Ruch nieustalony charakteryzuje się tym, że elementy ruchu są funkcjami nie tylko położenia ale i czasu. Jak wiemy, w ruchu ustalonym w ogólnym przypadku cząstkowe pochodne prędkości, ciśnienia i gęstości względem czasu są równe zeru.

W ruchu nieustalonym są one różne od zera.

Najprostszym przypadkiem ruchu nieustalonego jest taki przepływ, dla którego zakłada się przewód jako niesprężysty i ciecz jako nieściśliwą. Ten najprostszy model ruchu nieustalonego nierzadko jest stosowany do praktycznych obliczeń. Występują jednak w praktyce pewne zjawiska, jak np. uderzenie hydrauliczne w przewodach, kiedy badając ruch nieustalony nie można pominąć ani sprężystości przewodu, ani ściśliwości cieczy.

Oba wymienione przypadki ruchu nieustalonego będą przedmiotem dalszych naszych rozważań.

#### 7.6.2. RUCH NIEUSTALONY CIECZY NIEŚCIŚLIWEJ W PRZEWODZIE NIESPRĘŻYSTYM

Rozważmy wpierw ruch nieustalony cieczy doskonałej, który możemy opisać wychodząc z równania różniczkowego Eulera

$$-g \frac{\partial}{\partial l} \left( z + \frac{p}{\rho} \right) = \frac{dv}{dt} . \quad (7.39)$$

Po przekształceniu napiszemy

$$g \frac{\partial z}{\partial l} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial l} + \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial l} = 0$$

lub w postaci

$$\frac{\partial}{\partial l} \left( \frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} + g z \right) + \frac{\partial v}{\partial t} = 0 ,$$

gdzie  $v = f(l, t)$  - prędkość jest funkcją położenia i czasu.

Całkując to równanie niezależnie od czasu wzdłuż linii prądu otrzymamy

$$\frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} + g z + \int_0^l \frac{\partial v}{\partial t} dl = \text{const}$$

lub dla dwu przekrojów 1-1 i 2-2 dla strugi napiszemy równanie energii dla ruchu nieustalonego cieczy doskonałej w postaci

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} + g z_1 + \int_0^{l_1} \frac{\partial v}{\partial t} dl = \frac{v_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} + g z_2 + \int_0^{l_2} \frac{\partial v}{\partial t} dl$$