

Megoldás. A nyomásmérő azt mutatja meg, hogy a csőben lévő víz nyomása mennyivel nagyobb a külső légnyomáshoz. Mivel Petiék 1,2 bart, azaz 120 kPa nyomást mértek, a cső egy tiszta szakaszán (ahol nincs lerakódás) a víz nyomása 220 kPa, ha a külső légnyomást 100 kPa-nak vesszük.

Jól ismert tény, hogy a víz forráspontja a nyomás növekedésével emelkedik. Táblázati adatok szerint a 220 kPa-os nyomáshoz $T \approx 397 \text{ K} = 124 \text{ °C}$ -os forráspont tartozik. Jogos igény, hogy a kazán vizének hőmérsékletét ekkora (vagy ehhez közeli) hőmérsékletekig ellenőrizni tudjuk, ez az oka a furcsa méréshatárú hőmérőknek.

Megjegyzés. A forráspont és a hőmérséklet kapcsolatát az ún. *Clausius–Clapeyron-egyenlet* segítségével is kiszámíthatjuk. Ennek az egyenletnek egy közelítő alakja így írható fel:

$$p(T) = p_0 e^{-\frac{ML}{R}\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)},$$

ahol L a víz (állandónak tekintett) forráshője, M a víz mólömege, R a gázállandó, T_0 pedig egy adott p_0 nyomáshoz tartozó ismert forráspont (például $p_0 = 100 \text{ kPa}$ és $T_0 = 373 \text{ K}$).

Petiék kazánjában és a csövekben 353 K hőmérsékletű víz van. A csövek „tiszta” részében, ahol a nyomás 220 kPa, a víz nem forr. Ezen a hőmérsékleten (a táblázati adatok, vagy a Clausius–Clapeyron-egyenlet szerint) csak akkor indulhatna el a forrás, ha a nyomás valamilyen ok miatt 47 kPa, vagy még ennél is kevesebb lenne. A forrást erős zúgó hang kíséri, feltehetően ez okozta Petiék kazánjában a furcsa zajokat.

Mi okozhatja a csővezeték bizonyos részeinél a nyomás lecsökkenését? Ha a cső keresztmetszete (vízkőlerakódás miatt) valahol leszűkül, ott a folyadék áramlása felgyorsul. A víz áramlási sebessége és a nyomás közötti kapcsolatot a Bernoulli-törvény adja meg. Ennek vízszintes áramvonalak mentén érvényes alakja (összenyomhatatlan, örvénymentesen és súrlódásmentesen áramló folyadékokra):

$$\frac{1}{2}v^2 + \frac{p}{\rho} = \text{állandó},$$

ahol ρ a folyadék sűrűsége. Alkalmazzuk ezt a törvényt a cső egy szűkületmentes („tiszta”) része és az elszennyeződött („szűk”) része között:

$$\frac{1}{2}v_{\text{tiszta}}^2 + \frac{p_{\text{tiszta}}}{\rho} = \frac{1}{2}v_{\text{szűk}}^2 + \frac{p_{\text{szűk}}}{\rho}.$$

Tudjuk, hogy $p_{\text{tiszta}} = 220 \text{ kPa}$, $p_{\text{szűk}} \leq 47 \text{ kPa}$, $v_{\text{tiszta}} = 3 \text{ m/s}$, és a víz sűrűsége (80 °C-on) $\rho = 972 \text{ kg/m}^3$. Az áramlás sebessége a szűkületben:

$$v_{\text{szűk}} = \sqrt{v_{\text{tiszta}}^2 + \frac{2}{\rho}(p_{\text{tiszta}} - p_{\text{szűk}})} \geq 19 \text{ m/s}.$$

Ez a sebesség legalább $\frac{19}{3} \approx 6,3$ -szoros a „normális” áramlási sebességnek, vagyis a leszűkült cső átjárható részének keresztmetszete és a teljes keresztmetszet aránya $\frac{3}{19} \approx 0,16$. Ezek szerint a cső keresztmetszetének legalább 84 százaléka elzáródott.