

Úloha III.2 ... projížďka po řece

2 body; průměr 1,35; řešilo 43 studentů

Představme si řeku přehrazenou hrází. Aby mohly lodě překonávat celý splavný vodní tok, jsou v rámci hráze umístěna zdymadla. Uvažujte, že na řece, která má průtok $Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$, je umístěné zdymadlo, které funguje mezi dvěma vodními hladinami před a za hrází s výškovým rozdílem $H = 4 \text{ m}$ a má rozměry $s = 100 \text{ m}$ a $d = 20 \text{ m}$. Kolik lodí denně může zdymadlo přepravit z nižší nádrže do vyšší (pokud je bere vždy po jedné), pokud maximální průtok vody do a ze zdymadla je $Q_Z = 250 \text{ m}^3/\text{s}$?
Karlovi uplavaly všechny.

Popišme nejdříve, jak jeden takový cyklus přepravy pomocí plavební komory probíhá. V počátečním stavu jsou vrata mezi plavební komorou a dolní nádrží otevřená, hladina vody v komoře je tedy stejně vysoko jako v dolní nádrži. Do komory vpluje loď (v našem případě pouze jedna) a vodotěsná vrata se za ní zavřou. V tomto stavu je vodní hladina v komoře nezávislá na výšce vodní hladiny před a za ní. Loď se přiváže ke zdi komory, aby nebyla unášena proudem vody. Dále obsluha otevře průtok mezi komorou a horní nádrží. Komora a horní nádrž se budou chovat jako dvě spojené nádoby, výška jejich hladin se tedy vyrovná (budeme uvažovat, že výšky hladin v obou nádržích jsou konstantní, tedy pouze se mění výška hladiny v komoře). Jakmile jsou hladiny vyrovnané, mohou se otevřít horní vrata komory, loď se odváže a může odplout. Nyní může do komory připlout loď z horní nádrže, což se ale v našem případě neděje. Horní vrata se opět uzavřou, uzavře se i průtok mezi horní nádrží a komorou a naopak se otevře průtok mezi komorou a dolní nádrží. Jakožto ve dvou spojených nádobách, i zde se výšky hladin opět vyrovnají. Nakonec dojde k otevření dolních vrat, uzavření průtoku mezi komorou a dolní nádrží a cyklus se může opakovat.

Jestliže je mezi hladinami výškový rozdíl H a rozměry nádrže jsou s a d , pak je potřeba pro zvýšení hladiny v komoře z dolní hodnoty na horní napustit do nádrže objem $V = Hsd$. Stejný objem je poté třeba při snižování hladiny vypustit. Je-li maximální průtok vody do a ze zdymadla Q_Z , pak se komora napustí (vypustí) za čas

$$t_n = \frac{V}{Q_Z} = \frac{Hsd}{Q_Z}.$$

Průtok řeky v tomto případě není limitující, při napouštění komory vodou z horní části řeky je vždy průtok Q_Z . Jelikož však do blízkosti zdymadla přitéká méně vody, hladina v tomto místě mírně poklesne oproti normálu. Výška hladiny v komoře se pak vyrovná s touto mírně pokleslou hladinou a zpátky do normálního stavu vyšší hladiny se obě tyto hladiny dostanou za chvíli po ukončení napouštění komory.

Během jednoho cyklu se tedy napouštěním a vypouštěním komory stráví čas $2t_n = 64 \text{ s}$. K tomuto času je navíc třeba přičíst dobu, kterou trvá otevírání a zavírání vrat, vplouvání a odplouvání lodí, její uvazování a obsluha celého zařízení. Tato doba není zadaná, můžeme ji tedy pouze odhadovat. Jestliže odhadneme celou dobu jednoho cyklu na dvě minuty, pak za den (24 hodin) může zdymadlo přepravit 720 lodí.

Tomáš Pikálek
 pikos@fykos.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty UK MFF. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci UK MFF a podporován Ústavem teoretické fyziky UK MFF, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
 Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.