

## T7TVO 06 HYDRAULICKÁ CHARAKTERISTIKA

### 6.1. ÚVOD

Účelem zkoumání hydraulické charakteristiky u průtočných systémů je získat informace o distribuci dob zdržení molekul kapaliny v těchto systémech. Jedná se buď o distribuci dob zdržení uvnitř systému nebo o distribuci dob zdržení ve výstupním proudu. V technologii vody se nejčastěji setkáváme s kontinuálně pracujícími průtokovými systémy. Existují dva ideální způsoby průtoku v těchto systémech. Jsou to *pístový tok* nebo může docházet k *ideálnímu mísení*. Pístový tok je definován jako průtok kapaliny systémem, při kterém je rychlost kapaliny ve směru průtoku v každém bodě průtočného profilu stejná. Molekuly kapaliny se tedy ve směru toku vzájemně nepředbívají a pohybují se tedy jako píst. U ideálně míchaného systému jsou molekuly kapaliny a tedy i jakékoliv rozpuštěné látky okamžitě promíchávány s celým obsahem systému. To má za následek, že složení uvnitř systému je ve všech bodech stejné a odpovídá i složení kapaliny na odtoku ze systému. V praxi pracují systémy, které leží svými hydraulickými charakteristikami mezi těmito uvedenými ideálními případy. Systémy, které se blíží svým hydraulickým chováním pístovému toku se nazývají *systémy s postupným tokem*, systémy blížící se ideálnímu mísení se nazývají *směšovací systémy*.

Na charakter toku usuzujeme podle toho, jaké je rozložení dob zdržení molekul v systému. K jejímu určení se používá metoda „vzruchu a odezvy“

Nejčastěji se v čase  $t = 0$  jednorázově a mžikově vpraví značkovací látka (vzruch-vstupní signál) a měří se její koncentrace v závislosti na čase ve výstupním proudu (odezva - výstupní signál). Jako výsledek měření obdržíme tzv. *odezvousou křivku*. Jako stopovače se používají látky, které je možno snadno a v nízkých koncentracích stanovit, jsou ekologicky a zdravotně nezávadné a současně neovlivňují hydraulickou charakteristiku systému. Pro měření na malých laboratorních zařízeních se nejčastěji používají barviva, jejichž koncentrace na výstupu se dá změřit fotometricky.

Důležitým parametrem u průtokových systémů je doba zdržení  $\tau$ . Je dána poměrem

$$\tau = \frac{V}{Q} \quad /1/$$

kde

V - objem systému (m<sup>3</sup>)

Q – průtok (m<sup>3</sup>/s)

Při zpracování experimentálních dat se používá u časových závislostí vedle pojmu *doba zdržení* a ještě bezrozměrné veličiny tzv. *redukovaného času*  $\Theta$ :

$$\Theta = \frac{t}{\tau} \quad /2/$$

Pro charakterizaci experimentálních dat se používá odezвовá křivka v bezrozměrných veličinách tzv. C- křivka. C- křivka se získá tak, že se vyjádří koncentrace značkované látky na výstupu  $c$  v poměru ke koncentraci, která by se dosáhla rozptýlením přidaného množství v celém objemu  $c_0$ , a tento poměr  $C = c/c_0$  se vynese proti bezrozměrnému času.

Každý systém má svoji C-křivku a je charakterizován disperzním číslem (převrácená hodnota axiálního Pecletova čísla pro přestup hmoty). Mění se od 0 (pístový tok) do  $\infty$  (ideální promíchávání).

Pro výpočet disperzního čísla (D/uL) můžeme použít vztahy mezi rozptýly teoretických C-křivek ( $\sigma^2$ ) a disperzním číslem. Pro uzavřený systém platí:

$$\sigma^2 = 2 \frac{D}{uL} - 2 \left( \frac{D}{uL} \right)^2 \left( 1 - e^{-\frac{uL}{D}} \right) \quad /3/$$

Abychom mohli *určit disperzní číslo*, musíme znát rozptýl experimentálně stanovené C-křivky. Tento zjistíme řešením vztahu:

$$\sigma^2 = \int_{\Theta_n}^{\Theta_n} (\Theta - 1)^2 \cdot E d\Theta \quad /4/$$

kde E- hustota rozložení dob zdržení kapaliny ve výstupním proudu

Pro impulzní signál a uzavřený systém platí: E = C

Hodnotu integrálu ze vztahu zjistíme aplikací lichoběžníkového pravidla:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(\Theta_i - 1)^2 \cdot E_i + (\Theta_{i+1} - 1)^2 \cdot E_{i+1}}{2} \cdot (\Theta_{i+1} - \Theta_i) \quad /5/$$

## **6.2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST**

### **6.2.1 Chemikálie:**

1. 0,1 M roztok sodné soli fluoresceinu  $C_{20}H_{10}Na_2O_5$ , (mol. hmotnost 376,28)  
3,32316 g fluoresceinu ( $C_{20}H_{12}O_5$ ),  $M_r = 332,316$  se rozpustí ve 100 ml 0,15 M roztoku NaOH, pH se upraví na 8 – 9 (HCl)

### **6.2.1 Pomůcky:**

1. Laboratorní model s postupným tokem (16 překážek) míchaných stlačeným vzduchem, objem 21 litrů
2. Spektrální fotometr SPEKOL 11, skleněné kyvety tloušťky 1 cm
3. Peristaltické čerpadlo
4. Odměrné baňky 100 ml a 1000 ml
5. Dělené pipety 5 ml a 1 ml
6. 12 kádinek 100 ml
7. Plastový kbelík
8. Odměrný válec 1 litr

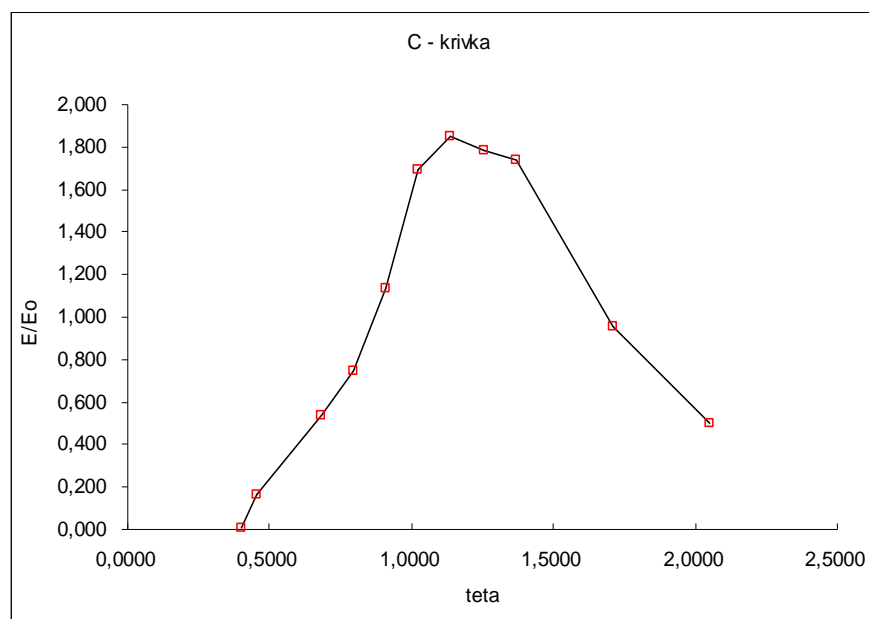
### **6.2.3 Pracovní postup**

1. Model se naplní vodovodní vodou a podle zvolené doby zdržení se nastaví přítok ( $Q$  cca 12 l/hod tak, aby doba zdržení byla cca 1,5 hod)
2. Skutečný průtok se zjistí měřením objemu, který proteče systémem za zvolenou dobu (např. 5 minut)
3. Hodnota  $E_0$  se zjistí tak, že se připraví roztok fluoresceinu o koncentraci  $c_0$ , a to tak, že se zásobní roztok fluoresceinu naředí ve stejném poměru, jako když se ředí do modelu, ve kterém se 2,5 ml fluoresceinu rozptýlilo v 21 l (0,12 ml fluoresceinu do 1 litru vody).  $E_0$  tohoto roztoku se změří ve skleněné kyvetě tloušťky 1 cm na spektrálním fotometru Spekol 11 při vlnové délce 486 nm.
4. Na začátek modelu (na přítok) se pipetou přidá značkovací látka (2,5 ml 0,1 M roztoku sodné soli fluoresceinu) a od tohoto okamžiku se měří čas.
5. Koncentrace značkovací látky na odtoku se sleduje ve zvolených intervalech (0, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, min) spektrofotometricky při vlnové délce 486 nm. Naměřené hodnoty se sestaví do tabulky.

6. Z experimentálních dat se spočítají hodnoty  $C = c / c_0 = E/E_0$  a pro zjištěnou teoretickou dobu zdržení ( $\tau$ ) se vypočítá podle rovnice /2/ hodnota redukovaného času ( $\theta$ )
7. Sestojí se C- křivka
8. Disperzní číslo se stanoví tak, že se podle rovnice /5/ vypočítá *bezrozměrný rozptyl* ( $\sigma^2$ ), tato hodnota se dosadí do vztahu /3/. Z tohoto vztahu se získá disperzní číslo ( $D/uL$ ) metodou půlení intervalů.

Zadání:

1. Sestrojte C- křivku laboratorního modelu s postupným tokem
2. Vypočítejte hodnotu *bezrozměrného rozptylu* ( $\sigma^2$ ) a *disperzního čísla* ( $D/uL$ ) pro daný systém



Obr.1. Odezvová křivka pro laboratorní model s postupným tokem

## 6.5 Literatura

1. Zábranská, J.: Laboratorní metody v technologii vody, VŠCHT Praha 1997, ISBN 80-7080-272-3