

فصل ۱

مقدمه

۱.۱ مسائل

در همه مسائل زیر دمای آب برابر $20^{\circ}C$ و برای همه لوله ها زبری $0.05mm$ در نظر گرفته شود. اطلاعات مربوط به طول و قطر لوله ها در مسائل ۴ و ۵ در جدول ۱.۱ و مربوط به طول و قطر لوله ها در مسائل ۶، ۷ و ۸ در جدول ۲.۱ داده شده است.

۱-۱ دبی ورودی به يك قطعه لوله از جنس PVC ($\epsilon = 0.05mm$) به قطر $0.15m$ و طول $800m$ برابر $0.2m^3/s$ می باشد. شدت دبی آب خروجی از آن (دبی خروجی از هر متر آن) به صورت زیر تغییر می کند.

$$q = C_2 x^2$$

(الف) پارامتر C_2 چقدر باشد تا هیچ آبی از انتهای لوله خارج نگردد.

(ب) با توجه به جواب (الف)، افت فشار برای این قطعه لوله را به دست آورید. ضریب اصطکاک بر اساس متوسط دبی، ثابت در نظر گرفته شود.

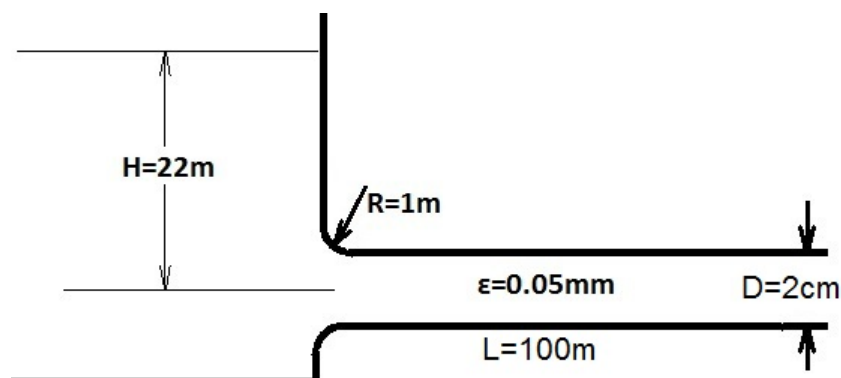
۲-۱ اگر در مسئله ی قبل نقطه ی ورودی ۳ متر پایینتر از نقطه ی خروجی قرار گرفته باشد و از یک پمپ جهت برقرای جریان استفاده شود، تعیین کنید:

(الف) هد پمپ

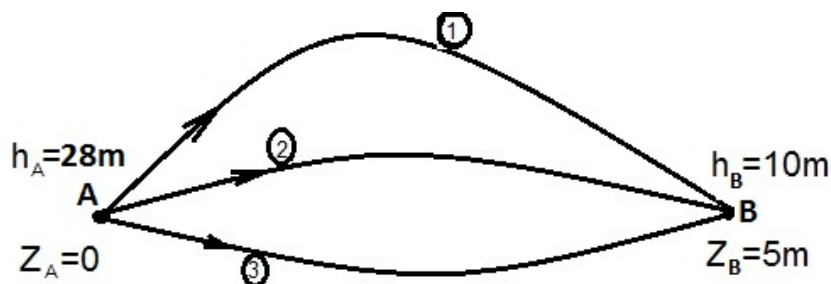
(ب) توان لازم برای پمپ

۳-۱ با توجه به شکل ۱.۱، تعیین کنید:

(الف) دبی جریان در حالت دائمی



شکل ۱.۱: یک مسئله‌ی غیردائمی (مسئله ۳-۱)



شکل ۲.۱: مربوط به مسئله‌ی ۴-۱

(ب) طول معادل کل

(ج) زمان لازم برای رسیدن دبی به 0.9 دبی در حالت دائمی

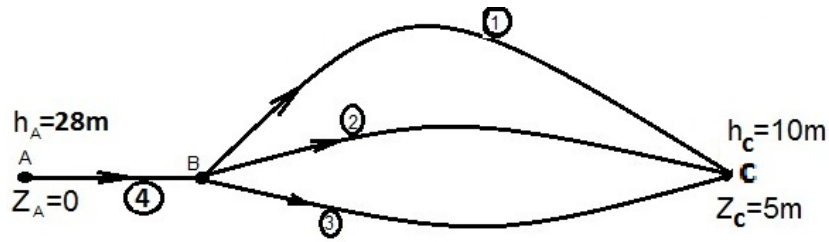
راهنمایی) برای محاسبه زمان لازم برای رسیدن دبی به 0.9 دبی در حالت دائمی، باید ابتدا با توجه به قانون دوم نیوتن تغییرات دبی بر حسب زمان به دست آورده شده و سپس زمان لازم برای رسیدن دبی به 0.9 دبی در حالت دائمی محاسبه گردد.

۴-۱ با توجه به شکل ۲.۱، تعیین کنید:

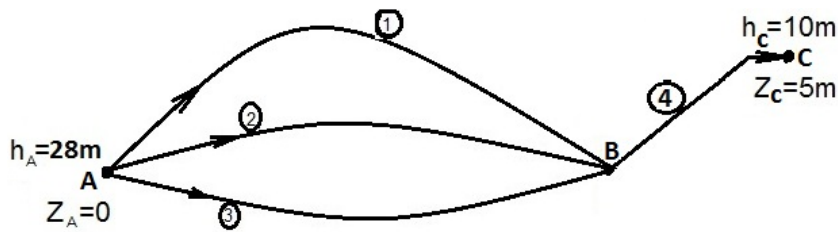
(الف) دبی هر کدام از لوله‌ها با فرض:

$$f = 0.02$$

(ب) دبی هر کدام از لوله‌ها با محاسبه f به وسیله معادله ۱.۱



شکل ۳.۱: مربوط به مسئله ۱-۵



شکل ۴.۱: مربوط به مسئله ۱-۶

۵-۱ با توجه به شکل ۳.۱، تعیین کنید:

الف) دبی هر کدام از لوله ها با فرض:

$$f = 0.02$$

ب) دبی هر کدام از لوله ها با محاسبه f به وسیله معادله ۱.۱

۶-۱ با توجه به شکل ۴.۱، تعیین کنید:

الف) دبی هر کدام از لوله ها با فرض:

$$f = 0.02$$

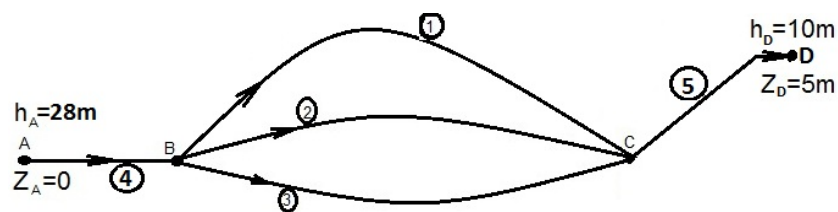
ب) دبی هر کدام از لوله ها با محاسبه f به وسیله معادله ۱.۱

۷-۱ با توجه به شکل ۵.۱، تعیین کنید:

الف) دبی هر کدام از لوله ها با فرض:

$$f = 0.02$$

ب) دبی هر کدام از لوله ها با محاسبه f به وسیله معادله ۱.۱



شکل ۵.۱: مربوط به مسئله ۷-۱



شکل ۶.۱: مربوط به مسئله ۸-۱

۸-۱ با توجه به شکل ۶.۱، تعیین کنید:

(الف) دبی هر کدام از لوله ها با فرض:

$$f = 0.02$$

(ب) دبی هر کدام از لوله ها با محاسبه f به وسیله معادله ۱.۱

جدول ۱.۱: طول و قطر لوله ها در مسائل ۴ و ۵

(شماره لوله) i	$L(m)$	$D(cm)$
۱	2300	25
۲	1200	20
۳	1800	32
۴	1300	40

$$f = \frac{1.325}{\left[\ln\left(\frac{\epsilon}{3.7D} + 4.6184\left(\frac{\nu D}{Q}\right)^{0.9}\right) \right]^2} \quad (1.1)$$

جدول ۲.۱: طول و قطر لوله ها در مسائل ۶ تا ۸

i (شماره لوله)	$L(m)$	$D(cm)$
۱	2300	25
۲	1200	20
۳	1800	32
۴	2000	50
۵	2200	15

فصل ۲

تحلیل سامانه

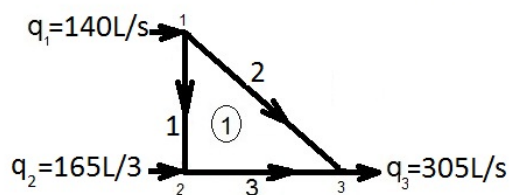
۱.۲ مسائل

در همه مسائل زیر دمای آب برابر $25^{\circ}C$ و برای همه لوله‌ها زبری $0.05mm$ در نظر گرفته شود. اطلاعات مربوط به طول و قطر لوله‌های این مسائل در جدول ۱.۲ داده شده است.

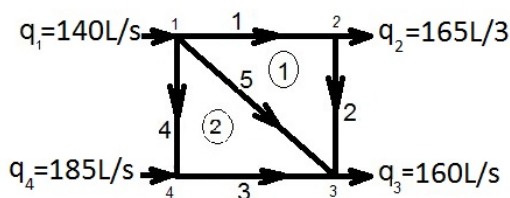
۱-۲ با توجه به شکل ۱.۲، دبی هر کدام از لوله‌ها را با استفاده از روش هاردی کراس به دست آورید.

۲-۲ با استفاده از روش نیوتن رافسون دبی هر کدام از لوله‌های نشان داده شده در شکل ۱.۲، را تعیین کنید.

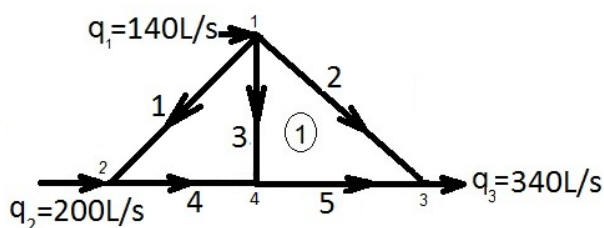
۳-۲ مسئله قبل را با استفاده از روش تئوری خطی حل کنید.



شکل ۱.۲: مربوط به مسائل ۱-۲، ۲-۲ و ۳-۲



شکل ۲.۲: مربوط به مسائل ۴-۲، ۵-۲ و ۶-۲



شکل ۳.۲: مربوط به مسائل ۷-۲، ۸-۲ و ۹-۲

۴-۲ با توجه به شکل ۲.۲، دبی هر کدام از لوله‌ها را با استفاده از روش هاردی کراس به دست آورید.

۵-۲ با استفاده از روش نیوتن رافسون دبی هر کدام از لوله‌های نشان داده شده در شکل ۲.۲، را تعیین کنید.

۶-۲ مسئله قبل را با استفاده از روش تئوری خطی حل کنید.

۷-۲ با توجه به شکل ۳.۲، دبی هر کدام از لوله‌ها را با استفاده از روش هاردی کراس به دست آورید.

۸-۲ با استفاده از روش نیوتن رافسون دبی هر کدام از لوله‌های نشان داده شده در شکل ۳.۲، را تعیین کنید.

۹-۲ مسئله قبل را با استفاده از روش تئوری خطی حل کنید.

جدول ۱.۲: طول و قطر لوله‌ها در مسائل ۱ تا ۹

i (شماره لوله)	$L(m)$	$D(cm)$
۱	2300	25
۲	1200	20
۳	1800	32
۴	1300	40
۵	2200	15

فصل ۳

هزینه‌های ساخت یک سامانه

۱.۳ مسائل

۳-۱ با استفاده از روش حداقل مربعات و با توجه به جدول ۱.۳ مقادیر C_o و C_1 را برای رابطه زیر به دست آورید.

$$C_p = C_o + C_1 P^{1.8}$$

۳-۲ میزان متوسط خطا را برای رابطه مسئله قبل محاسبه و با میزان متوسط خطای روابط ۱.۳، ۲.۳ و ۳.۳ مقایسه کنید.

۳-۳ با استفاده از روش حداقل مربعات و با توجه به جدول ۱.۳ مقادیر C_o و C_1 را برای رابطه زیر به دست آورید.

$$C_p = C_o + C_1 \sqrt{P}$$

۳-۴ میزان متوسط خطا را برای رابطه مسئله قبل محاسبه و با میزان متوسط خطای روابط ۱.۳، ۲.۳ و ۳.۳ مقایسه کنید.

۳-۵ با توجه به اطلاعات زیر هزینه سالیانه انرژی را به دست آورید.

$$\left\{ \begin{array}{ll} F_A = 0.75 & \text{ضریب متوسط سالیانه} \\ F_D = 0.45 & \text{ضریب متوسط روزانه} \\ Q = 300L/s & \text{حداکثر دبی} \\ \rho = 980kg/m^3 & \text{چگالی آب} \\ \eta = 0.88 & \text{بازده} \\ h_p = 18m & \text{هد پمپ} \\ R_e = 190 & \text{بهای یک کیلووات ساعت برق برحسب ریال} \end{array} \right.$$

۳-۶ هزینه اولیه یکی از مولفه‌های یک سامانه آبرسانی با عمر مفید ۵ سال برابر ۱۶ میلیون تومان است. پس از ۵ سال این مولفه به قیمت ۵ میلیون تومان فروخته می‌شود. هزینه سالیانه تعمیر و نگهداری دو میلیون تومان و نرخ سود بانکی یک درصد می‌باشد. هزینه سرمایه دائمی این مولفه را محاسبه کنید.

۳-۷ خط لوله ای به طول ۱۵۲ کیلومتر و قطر ۵۰ cm با دبی ۲۰۰L/s موجود است. نقطه ورودی ۱۰۰ متر بالاتر از نقطه خروجی قرار دارد. هزینه هر متر لوله ۹۰ میلیون ریال می‌باشد. زبری لوله ($\epsilon = 0.05mm$)، لزجت سینماتیکی ($\nu = 10^{-6}$)، چگالی ($\rho = 1000$) و بهای یک کیلو وات ساعت برق برابر ۱۰۰ ریال فرض شود. با توجه به اطلاعات داده شده و اطلاعات زیر:

$$\left\{ \begin{array}{ll} C_o = 10^7 Rial & \text{ضریب ثابت هزینه ایستگاه پمپاژ} \\ C_1 = 120 Rial/W & \text{ضریب هزینه ایستگاه پمپاژ} \\ f_s = 1.1 & \text{ضریب اطمینان} \\ F_A = 0.85 & \text{ضریب متوسط سالیانه} \\ F_D = 0.25 & \text{ضریب متوسط روزانه} \\ \alpha_m = 0.25 & \text{ضریب نجات لوله} \\ \alpha_p = 0.23 & \text{ضریب نجات ایستگاه پمپاژ} \\ r = 0.012 & \text{نرخ سود} \\ \eta = 0.92 & \text{بازده پمپ} \\ \beta_m = 0.12 & \text{ضریب هزینه تعمیر و نگهداری لوله} \\ \beta_p = 0.15 & \text{ضریب هزینه تعمیر و نگهداری ایستگاه پمپاژ} \\ T_m = 80 & \text{عمر لوله} \\ T_p = 20 & \text{عمر ایستگاه پمپاژ} \end{array} \right.$$

تعیین کنید:

الف) حداکثر توان پمپ (با توجه به ضریب اطمینان)

(ب) هزینه اولیه و سرمایه دائمی ایستگاه پمپاژ

(ج) هزینه اولیه و سرمایه دائمی لوله

(د) هزینه سالیانه و سرمایه دائمی انرژی

۸-۳ ارزش خالص فعلی مولفه های خط لوله ای داده شده در مسئله قبل را تعیین کنید.

۹-۳ با توجه به اطلاعات زیر، ضریب هزینه کل را برای سامانه داده شده به دست آورید.

$C_1 = 2200 \text{ Rial/W}$	ضریب هزینه ایستگاه پمپاژ
$C_{ck} = 2500 \text{ Rial/m}^{1+k}$	ضریب هزینه لوله
$r = 0.012$	نرخ سود
$f_s = 1.1$	ضریب اطمینان
$F_A = 0.85$	ضریب متوسط سالیانه
$F_D = 0.25$	ضریب متوسط روزانه
$\eta = 0.92$	بازده
$\alpha = 0.2$	ضریب نجات لوله
$\beta = 0.1$	ضریب هزینه تعمیر و نگهداری لوله
$T = 12 \text{ years}$	عمر لوله
$R_e = 200 \text{ Rial/kWh}$	بهای یک کیلووات ساعت برق برحسب ریال

۱۰-۳ با توجه به اطلاعات داده شده در مسئله قبل تعیین کنید:

(الف) ضریب هزینه نسبی

(ب) هد معادل هزینه برقراری با توجه به داده های زیر:

$E = 20 \text{ MRials}$	هزینه سالیانه برقراری
$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$	چگالی
$Q = 500 \text{ L/s}$	دبی

$$C_p = C_o + C_1 P \quad (۱.۳)$$

$$C_p = C_o P^k \quad (۲.۳)$$

جدول ۱.۳: هزینه ایستگاه پمپاژ برحسب توان

i	C_{pi} (میلیون ریال)	$P_i(kW)$
۱	۳۵	۱۰
۲	۶۰	۲۰
۳	۹۰	۵۰
۴	۱۵۰	۱۰۰

$$C_p = C_o + C_1P + C_2P^2 \quad (۳.۳)$$

فصل ۴

انتخاب بین سامانه‌های پمپی و جاذبه‌ای

۱.۴ مسائل

۴-۱ شرط ارزانت‌ر بودن سامانه پمپی از سامانه جاذبه‌ای را به طور کلی بر حسب k و پارامترهای دیگر، برای k_r به دست آورید.

۴-۲ در یک خط انتقال جاذبه‌ای داریم:

$$\begin{cases} \delta = 18m & \text{اختلاف ارتفاع و هد} \\ L = 12km & \text{طول لوله} \\ Q = 200L/s & \text{دبی} \end{cases}$$

با فرض زبری $0.05mm$ برای لوله و $\nu = 1 \times 10^{-6}$ ، تعیین کنید:

(الف) حداقل قطر لازم برای سامانه جاذبه‌ای

(ب) هزینه سامانه جاذبه‌ای

(ج) قطر و هد پمپ لازم برای سامانه پمپی (با فرض $k = 2.2$ ، $k_r = 0.02$ و $\rho = 1000kg/m^3$)

(د) هزینه سامانه پمپی

(ه) با توجه به مسئله قبل، حداکثر k_r برای ارزانت‌ر بودن سامانه پمپی از سامانه جاذبه‌ای

۴-۳ مسئله قبل را با فرض $k_r = 110$ حل کنید.

۴-۴ در مسئله ۲-۴، k_r چقدر باشد تا هزینه سامانه پمپی (با فرض حداقل هد پمپ برابر یک متر) و هزینه سامانه جاذبه‌ای یکسان گردد؟

۵-۴ در مسئله ۲-۴، k_r چقدر باشد تا هزینه سامانه پمپی (با فرض حداقل هد پمپ برابر دو متر) و هزینه سامانه جاذبه‌ای یکسان گردد؟

۶-۴ چرا در دو مسئله قبل k_r به دست آمده از k_r محاسبه شده در قسمت ۵ مسئله ۲-۴ کمتر است؟

فصل ۵

سامانه‌های جاذبه‌ای شاخه‌ای

۱.۵ مسائل

۱-۵ فرض کنید در سامانه نشان داده شده در شکل ۱.۵ داریم:

$$H_{min} = 5m$$

$$z_o = 100m, \quad z_1 = 60m, \quad z_2 = 45m, \quad z_3 = 30m, \quad z_4 = 20m$$

$$Q_1 = 40L/s, \quad Q_2 = 35L/s, \quad Q_3 = 20L/s, \quad Q_4 = 10L/s$$

$$L_1 = 250m, \quad L_2 = 200m, \quad L_3 = 180m, \quad L_4 = 220m$$

با فرض زبری $0.05mm$ برای همه لوله‌ها، $k = 2.1$ و $\nu = 10^{-6}m^2/s$ ، تعیین کنید:

الف) قطر هر کدام از لوله‌ها برای داشتن کمترین هزینه (بدون توجه به هد گره‌های میانی)

ب) هد گره‌های ۱، ۲، ۳ و ۴

۲-۵ فرض کنید در سامانه نشان داده شده در شکل ۱.۵ داریم:

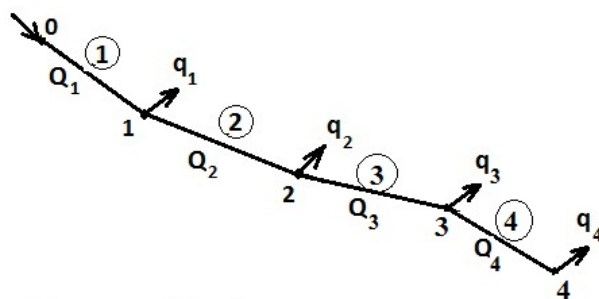
$$H_{min} = 5m$$

$$z_o = 100m, \quad z_1 = 70m, \quad z_2 = 50m, \quad z_3 = 40m, \quad z_4 = 20m$$

$$Q_1 = 40L/s, \quad Q_2 = 35L/s, \quad Q_3 = 20L/s, \quad Q_4 = 10L/s$$

$$L_1 = 250m, \quad L_2 = 200m, \quad L_3 = 180m, \quad L_4 = 220m$$

با فرض زبری $0.05mm$ برای همه لوله‌ها، $k = 2.1$ و $\nu = 10^{-6}m^2/s$ ، تعیین کنید:



شکل ۱.۵: بهینه‌سازی هزینه در یک خط لوله ساده مربوط به مسائل ۱-۵ تا ۴-۵

(الف) قطر هر کدام از لوله‌ها برای داشتن کمترین هزینه (بدون توجه به هد گره‌های میانی)

(ب) هد گره‌های ۱، ۲، ۳ و ۴

۳-۵ فرض کنید در سامانه نشان داده شده در شکل ۱.۵ داریم:

$$H_{min} = 5m$$

$$z_o = 100m, \quad z_1 = 70m, \quad z_2 = 50m, \quad z_3 = 40m, \quad z_4 = 20m$$

$$Q_1 = 40L/s, \quad Q_2 = 35L/s, \quad Q_3 = 20L/s, \quad Q_4 = 10L/s$$

$$L_1 = 250m, \quad L_2 = 200m, \quad L_3 = 180m, \quad L_4 = 220m$$

با فرض زبری $0.05mm$ برای همه لوله‌ها، $k = 2.1$ و $\nu = 10^{-6} m^2/s$ ، تعیین کنید:

(الف) قطر هر کدام از لوله‌ها برای داشتن کمترین هزینه (با توجه به هد گره‌های میانی)

(ب) هد گره‌های ۱، ۲، ۳ و ۴

۴-۵ با استفاده از روش سیمپلکس، مسئله قبل را حل کنید.

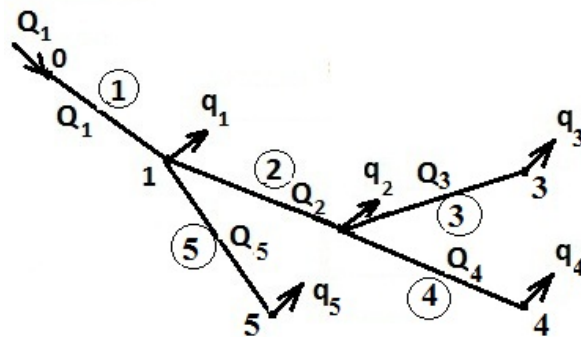
۵-۵ در سامانه نشان داده شده در شکل ۲.۵ داریم:

$$z_o = 140m, \quad H_{min} = 5m$$

$$z_1 = 125m, \quad z_2 = 121m, \quad z_3 = 120m, \quad z_4 = 120m, \quad z_5 = 120m$$

$$Q_1 = 45L/s, \quad Q_2 = 25L/s, \quad Q_3 = 10L/s, \quad Q_4 = 10L/s, \quad Q_5 = 10L/s$$

$$L_1 = 800m, \quad L_2 = 400m, \quad L_3 = 500m, \quad L_4 = 500m, \quad L_5 = 500m$$



شکل ۲.۵: بهینه‌سازی هزینه یک شبکه توزیع مربوط به مسائل ۵-۵ و ۵-۶

با فرض زبری $0.25mm$ برای همه لوله ها و $\nu = 1.012 \times 10^{-6}$ ، با استفاده از روش قطر پیوسته، قطر هر کدام از لوله ها و هد هر کدام از گره ها را برای داشتن کمترین هزینه تعیین کنید. ضمناً هزینه به صورت زیر فرض شود (قسمت متغیر هزینه تقسیم بر C_k):

$$F = \sum_{i=1}^5 L_i D_i^{1.8}$$

۵-۶ با استفاده از روش سیمپلکس، مسئله قبل را حل کنید.

فصل ۶

سامانه‌های پمپی شاخه‌ای

۱.۶ مسائل

در همه مسائل زیر لزجت سینماتیکی $\nu = 10^{-6} m^2/s$ ، $H_{min} = 5m$ و $\epsilon = 0.05mm$ و ν زیری $\epsilon = 0.05mm$ برای همه لوله‌ها در نظر گرفته شود.

۱-۶ در سامانه نشان داده شده در شکل ۱.۶ داریم:

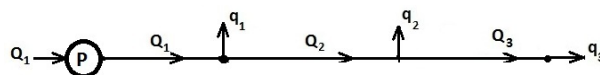
$$\begin{aligned} z_o &= 0, & z_1 &= 0, & z_2 &= 0, & z_3 &= 0 \\ Q_1 &= 15L/s, & Q_2 &= 10L/s, & Q_3 &= 5L/s \\ L_1 &= 5km, & L_2 &= 5km, & L_3 &= 5km \end{aligned}$$

با استفاده از روش قطر پیوسته، قطر هر کدام از لوله‌ها و همچنین هد پمپ برای داشتن کمترین هزینه را تعیین کنید. ضمناً هزینه به صورت زیر فرض شود:

$$F = \sum_{i=1}^3 L_i D_i^{2.5} + 0.5 \rho g Q_1 h_p$$

به عبارت دیگر:

$$k = 2.5, \quad k_r = 0.5$$



شکل ۱.۶: شکل مربوط به مسائل ۱-۶ و ۲-۶

۶-۲ در سامانه نشان داده شده در شکل ۱.۶ داریم:

$$\begin{aligned} z_o &= 0, & z_1 &= 10m, & z_2 &= 20m, & z_3 &= 30m \\ Q_1 &= 15L/s, & Q_2 &= 10L/s, & Q_3 &= 5L/s \\ L_1 &= 5km, & L_2 &= 5km, & L_3 &= 5km \end{aligned}$$

با استفاده از روش قطر پیوسته، قطر هر کدام از لوله‌ها و همچنین هد پمپ برای داشتن کمترین هزینه را تعیین کنید. ضمناً هزینه به صورت زیر فرض شود:

$$F = \sum_{i=1}^3 L_i D_i^{2.5} + 0.5\rho g Q_1 h_p$$

۶-۳ در سامانه نشان داده شده در شکل ۲.۶ داریم:

$$\begin{aligned} z_o &= 0, & z_1 &= 0, & z_2 &= 0, & z_3 &= 0 \\ Q_1 &= 25L/s, & Q_2 &= 10L/s, & Q_3 &= 5L/s \\ L_1 &= 5km, & L_2 &= 5km, & L_3 &= 5km \end{aligned}$$

با استفاده از روش قطر پیوسته، قطر هر کدام از لوله‌ها و همچنین هد پمپ برای داشتن کمترین هزینه را تعیین کنید. ضمناً هزینه به صورت زیر فرض شود:

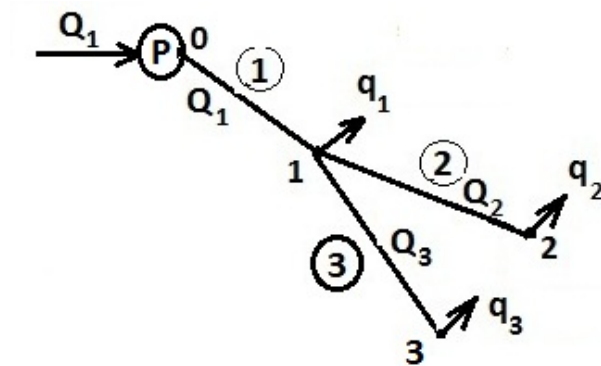
$$F = \sum_{i=1}^3 L_i D_i^{2.5} + 0.5\rho g Q_1 h_p$$

۶-۴ در سامانه نشان داده شده در شکل ۲.۶ داریم:

$$\begin{aligned} z_o &= 0, & z_1 &= 10m, & z_2 &= 20m, & z_3 &= 30m \\ Q_1 &= 25L/s, & Q_2 &= 10L/s, & Q_3 &= 5L/s \\ L_1 &= 5km, & L_2 &= 5km, & L_3 &= 5km \end{aligned}$$

با استفاده از روش قطر پیوسته، قطر هر کدام از لوله‌ها و همچنین هد پمپ برای داشتن کمترین هزینه را تعیین کنید. ضمناً هزینه به صورت زیر فرض شود:

$$F = \sum_{i=1}^3 L_i D_i^{2.5} + 0.5\rho g Q_1 h_p$$



شکل ۲.۶: شکل مربوط به مسائل ۳-۶ و ۴-۶

۵-۶ در سامانه نشان داده شده در شکل ۳.۶ داریم:

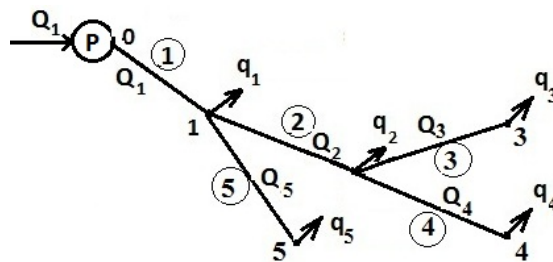
$$z_o = z_1 = z_2 = z_3 = z_4 = z_5 = 0$$

$$Q_1 = 25L/s, \quad q_i = 5L/s, \quad \text{for all nodes,}$$

$$L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L_5 = 5km$$

با استفاده از روش قطر پیوسته، قطر هر کدام از لوله ها و همچنین هد پمپ برای داشتن کمترین هزینه را تعیین کنید. ضمناً هزینه به صورت زیر فرض شود:

$$F = \sum_{i=1}^5 L_i D_i^{2.5} + 0.5 \rho g Q_1 h_p$$



شکل ۳.۶: شکل مربوط به مسائل ۵-۶ و ۶-۶

۶-۶ در سامانه نشان داده شده در شکل ۳.۶ داریم:

$$z_o = 0, \quad z_i = 10i \text{ m}, \quad \text{for all nodes}$$

$$Q_1 = 25L/s, \quad q_i = 5L/s, \quad \text{for all nodes,}$$

$$L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L_5 = 5km$$

با استفاده از روش قطر پیوسته، قطر هر کدام از لوله‌ها و همچنین هد پمپ برای داشتن کمترین هزینه را تعیین کنید. ضمناً هزینه به صورت زیر فرض شود:

$$F = \sum_{i=1}^5 L_i D_i^{2.5} + 0.5 \rho g Q_1 h_p$$

۶-۷ با استفاده از روش سیمپلکس، مسئله ۶-۲ را حل کنید.

فصل ۷

سامانه‌های پمپی چند مرحله‌ای

۱.۷ مسائل

در همه مسائل زیر لزجت سینماتیکی $\nu = 10^{-6} m^2/s$ ، $H_{min} = 5m$ و $\epsilon = 0.05mm$ و برای همه لوله‌ها در نظر گرفته شود.

۷-۱ فرض کنید در یک سامانه پمپی چند مرحله‌ای، اطلاعات زیر موجود است:

$$\begin{aligned}\Delta z &= 0, & h_e &= 7m, & h_b &= 65m \\ \rho &= 992kg/m^3, & Q &= 20L/s, & L &= 215km \\ k &= 2.5, & k_r &= 0.9\end{aligned}$$

با فرض ضریب اصطکاک ثابت $f = 0.02$ قطر و تعداد قسمت این سامانه را به دو روش زیر به دست آورید.

(الف) روش ساده مشتق‌گیری

(ب) روش برنامه ریزی هندسی

۷-۲ فرض کنید در یک سامانه پمپی چند مرحله‌ای، اطلاعات زیر موجود است:

$$\begin{aligned}\Delta z &= 4m, & h_e &= 7m, & h_b &= 65m \\ \rho &= 992kg/m^3, & Q &= 20L/s, & L &= 268km \\ k &= 2.5, & k_r &= 0.9\end{aligned}$$

با فرض ضریب اصطکاک ثابت $f = 0.02$ قطر و تعداد قسمت این سامانه را به دو روش زیر به دست آورید.

(الف) روش ساده مشتق‌گیری

(ب) روش برنامه‌ریزی هندسی

۳-۷ فرض کنید در یک سامانه پمپی چند مرحله‌ای، اطلاعات زیر موجود است:

$$\begin{aligned}\Delta z &= 1200m, & h_e &= 7m, & h_b &= 65m \\ \rho &= 992kg/m^3, & Q &= 20L/s, & L &= 11km \\ k &= 2.5, & k_r &= 0.9\end{aligned}$$

با فرض ضریب اصطکاک ثابت $f = 0.02$ قطر و تعداد قسمت این سامانه را به دو روش زیر به دست آورید.

(الف) روش ساده مشتق‌گیری

(ب) روش برنامه‌ریزی هندسی

۴-۷ با توجه به رابطه f (ضریب اصطکاک) و تصحیح f به روش تکرار، مسئله ۱-۷ را حل کنید. یادآوری:

$$f = \frac{1.325}{\left[\ln\left(\frac{\epsilon}{3.7D} + 4.6184\left(\frac{\nu D}{Q}\right)^{0.9}\right) \right]^2}$$

فصل ۸

سامانه‌های حلقه‌ای جاذبه‌ای

۱.۸ مسائل

در همه مسائل زیر لزجت سینماتیکی $\nu = 10^{-6} m^2/s$ ، $H_{min} = 5m$ ، $k = 2.1$ و زبری $\epsilon = 0.25mm$ برای همه لوله‌ها در نظر گرفته شود.

۱-۸ فرض کنید در سامانه نشان داده شده در شکل ۱.۸ داریم:

$$\begin{aligned} z_o &= 50m, & z_1 &= 30m, & z_2 &= 20m, & z_3 &= 10m \\ Q_1 &= 30L/s, & q_1 &= 10L/s, & q_2 &= 10L/s, & q_3 &= 10L/s \\ L_1 &= 2km, & L_2 &= 1.6km, & L_3 &= 2.5km, & L_4 &= 2km \end{aligned}$$

تعیین کنید:

(الف) قطر هر کدام از لوله‌ها برای داشتن کمترین هزینه

راهنمایی: ابتدا یک سری دبی و ضریب اصطکاک اولیه را فرض و سپس آن‌ها را تصحیح کنید.

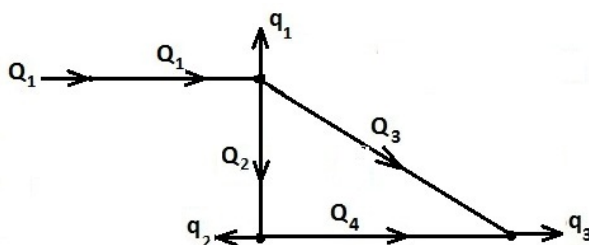
(ب) هد گره‌های ۱، ۲ و ۳

(ج) قطر استاندارد لازم

(د) هد گره‌های ۱، ۲ و ۳ بر اساس قطر استاندارد

۲-۸ فرض کنید در سامانه نشان داده شده در شکل ۲.۸ داریم:

$$z_o = 50m, \quad z_1 = 30m, \quad z_2 = 20m, \quad z_3 = 10m, \quad z_4 = 0$$



شکل ۸.۱: شکل مربوط به مسئله ۸-۱

$$Q_1 = 40L/s, \quad q_1 = 10L/s, \quad q_2 = 10L/s, \quad q_3 = 10L/s, \quad q_4 = 10L/s$$

$$L_1 = 2km, \quad L_2 = 1.6km, \quad L_3 = 1.5km, \quad L_4 = 1.5km, \quad L_5 = 1.6km$$

تعیین کنید:

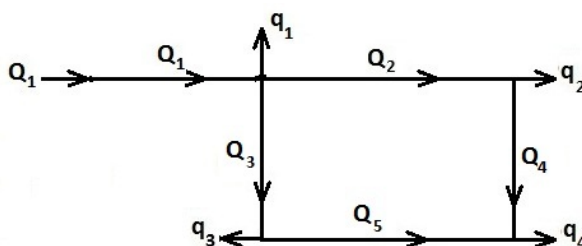
(الف) قطر هر کدام از لوله‌ها برای داشتن کمترین هزینه

راهنمایی: ابتدا یک سری دبی و ضریب اصطکاک اولیه را فرض و سپس آن‌ها را تصحیح کنید.

(ب) هد گره‌ها

(ج) قطر استاندارد لازم

(د) هد گره‌ها بر اساس قطر استاندارد



شکل ۸.۲: شکل مربوط به مسئله ۸-۲

۸-۳ فرض کنید در سامانه نشان داده شده در شکل ۸.۳ داریم:

$$z_o = 50m, \quad z_1 = 30m, \quad z_2 = 20m, \quad z_3 = 10m, \quad z_4 = 0$$

$$Q_1 = 40L/s, \quad q_1 = 10L/s, \quad q_2 = 10L/s, \quad q_3 = 10L/s, \quad q_4 = 10L/s$$

$$L_1 = 2km, \quad L_2 = L_6 = 1.6km, \quad L_3 = L_5 = 1.5km, \quad L_4 = 2.6km$$

تعیین کنید:

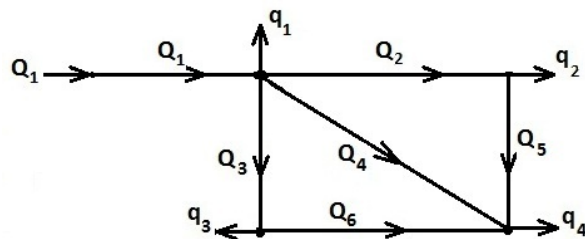
(الف) قطر هر کدام از لوله ها برای داشتن کمترین هزینه

راهنمایی: ابتدا یک سری دبی و ضریب اصطکاک اولیه را فرض و سپس آن ها را تصحیح کنید.

(ب) هد گره ها

(ج) قطر استاندارد لازم

(د) هد گره ها بر اساس قطر استاندارد



شکل ۳.۸: شکل مربوط به مسئله ۳-۸

۴-۸ فرض کنید در سامانه نشان داده شده در شکل ۴.۸ داریم:

$$z_o = 60m, \quad z_1 = 50m, \quad z_2 = 40m, \quad z_3 = 30m$$

$$z_4 = 20m, \quad z_5 = 10m, \quad z_6 = 0$$

$$Q_1 = 60L/s, \quad q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q_5 = q_6 = 10L/s$$

$$L_1 = 2km, \quad L_2 = L_3 = L_7 = L_8 = 1.6km, \quad L_4 = L_5 = L_6 = 1.5km$$

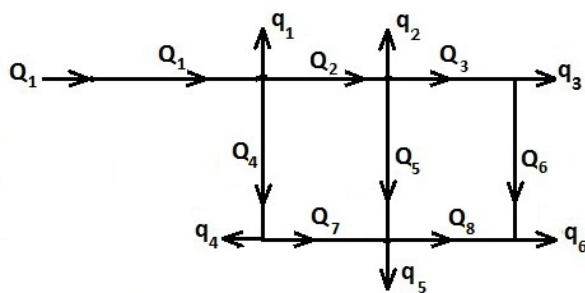
تعیین کنید:

(الف) قطر هر کدام از لوله ها برای داشتن کمترین هزینه

راهنمایی: ابتدا یک سری دبی و ضریب اصطکاک اولیه را فرض و سپس آن ها را تصحیح کنید.

(ب) هد گره ها

(ج) قطر استاندارد لازم



شکل ۴.۸: شکل مربوط به مسئله ۴-۸

(د) هد گره‌ها بر اساس قطر استاندارد

۵-۸ مسئله ۱-۸ را با استفاده از روش سیمپلکس حل کنید.

فصل ۹

سامانه‌های حلقه‌ای پمپی

۱.۹ مسائل

در همه مسائل زیر لزجت سینماتیکی $\nu = 10^{-6} m^2/s$ ، $k_r = 0.2$ ، $H_{min} = 5m$ و زبری $\epsilon = 0.25mm$ برای همه لوله‌ها در نظر گرفته شود.

۱-۹ فرض کنید در سامانه نشان داده شده در شکل ۱.۹ داریم:

$$F = \sum_{i=1}^n L_i D_i^{2.4} + k_r \rho g Q_1 h_p$$

$$z_o = 0m, \quad z_1 = 0m, \quad z_2 = 0m, \quad z_3 = 0m$$

$$Q_1 = 30L/s, \quad q_1 = 10L/s, \quad q_2 = 10L/s, \quad q_3 = 10L/s$$

$$L_1 = 2km, \quad L_2 = 1.6km, \quad L_3 = 2.5km, \quad L_4 = 2km$$

تعیین کنید:

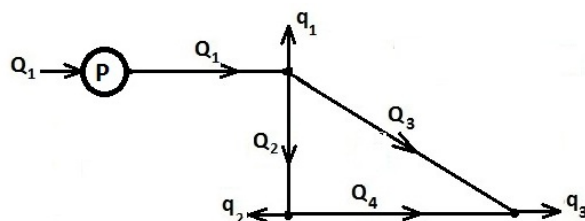
(الف) قطر هر کدام از لوله‌ها و همچنین هد پمپ برای داشتن کمترین هزینه

راهنمایی: ابتدا یک سری دی و ضریب اصطکاک اولیه را فرض و سپس آن‌ها را تصحیح کنید.

(ب) هد گره‌های ۱، ۲ و ۳

(ج) قطر استاندارد لازم

(د) هد گره‌های ۱، ۲ و ۳ بر اساس قطر استاندارد



شکل ۹.۱: شکل مربوط به مسئله ۹-۱

۹-۲ فرض کنید در سامانه نشان داده شده در شکل ۹.۲ داریم:

$$F = \sum_{i=1}^n L_i D_i^{2.2} + k_r \rho g Q_1 h_p$$

$$z_o = z_1 = z_2 = z_3 = z_4 = 0$$

$$Q_1 = 60 L/s, \quad q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = 15 L/s$$

$$L_1 = 2 km, \quad L_2 = 1.6 km, \quad L_3 = 1.5 km, \quad L_4 = 1.5 km, \quad L_5 = 1.6 km$$

تعیین کنید:

(الف) قطر هر کدام از لوله‌ها و همچنین هد پمپ برای داشتن کمترین هزینه

راهنمایی: ابتدا یک سری دبی و ضریب اصطکاک اولیه را فرض و سپس آن‌ها را تصحیح کنید.

(ب) هد گره‌ها

(ج) قطر استاندارد لازم

(د) هد گره‌ها بر اساس قطر استاندارد

۹-۳ فرض کنید در سامانه نشان داده شده در شکل ۹.۳ داریم:

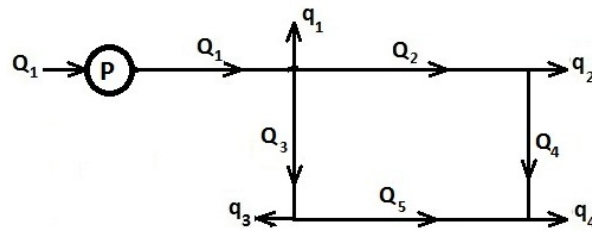
$$F = \sum_{i=1}^n L_i D_i^{2.2} + k_r \rho g Q_1 h_p$$

$$z_o = z_1 = z_2 = z_3 = z_4 = z_5 = z_6 = 0$$

$$Q_1 = 60 L/s, \quad q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q_5 = q_6 = 10 L/s$$

$$L_1 = 2 km, \quad L_2 = L_5 = 1.6 km, \quad L_3 = L_4 = 1.5 km, \quad L_6 = 2.6 km$$

تعیین کنید:



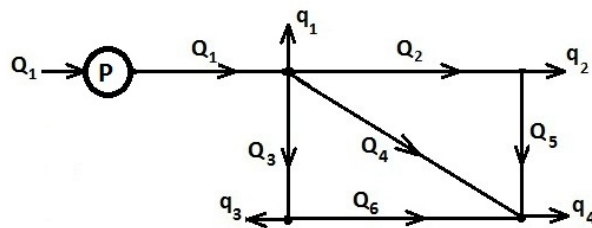
شکل ۲.۹: شکل مربوط به مسئله ۲-۹

الف) قطر هر کدام از لوله ها و همچنین هد پمپ برای داشتن کمترین هزینه **راهنمایی:** ابتدا یک سری دبی و ضریب اصطکاک اولیه را فرض و سپس آن ها را تصحیح کنید.

ب) هد گره ها

ج) قطر استاندارد لازم

د) هد گره ها بر اساس قطر استاندارد



شکل ۳.۹: شکل مربوط به مسئله ۳-۹

۴-۹ فرض کنید در سامانه نشان داده شده در شکل ۴.۹ داریم:

$$F = \sum_{i=1}^n L_i D_i^{2.2} + k_r \rho g Q_1 h_p$$

$$z_o = z_1 = z_2 = z_3 = z_4 = z_5 = z_6 = 0$$

$$Q_1 = 60 L/s, \quad q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q_5 = q_6 = 10 L/s$$

$$L_1 = 2 km, \quad L_2 = L_3 = L_7 = L_8 = 1.6 km, \quad L_4 = L_5 = L_6 = 1.5 km$$

تعیین کنید:

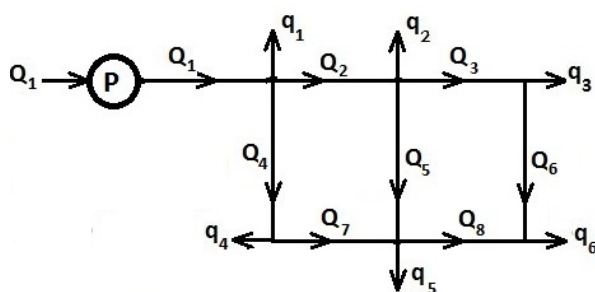
(الف) قطر هر کدام از لوله‌ها و همچنین هد پمپ برای داشتن کمترین هزینه

راهنمایی: ابتدا یک سری دبی (با جهت مشخص) و ضریب اصطکاک اولیه را فرض و سپس آن‌ها را تصحیح کنید.

(ب) هد گره‌ها

(ج) قطر استاندارد لازم

(د) هد گره‌ها بر اساس قطر استاندارد



شکل ۴.۹: شکل مربوط به مسئله ۴-۹

۵-۹ مسئله ۱-۹ را با استفاده از روش سیمپلکس حل کنید.

فصل ۱۰

بهترین مقطع هیدرولیکی

۱.۱۰ مسائل

۱-۱۰ اطلاعات زیر برای کانالی با مقطع نشان داده شده در شکل ۱.۱۰ داده شده است:

$$\begin{cases} Q = 50 m^3/s \\ S = 0.001 \\ n = 0.014 \end{cases}$$

تعیین کنید:

الف) نسبت پهنا به ارتفاع کانال ($\frac{b}{y}$) برای داشتن بهترین سطح مقطع هیدرولیکی

ب) اندازه ارتفاع (y) و پهنا (b) برای داشتن بهترین سطح مقطع هیدرولیکی

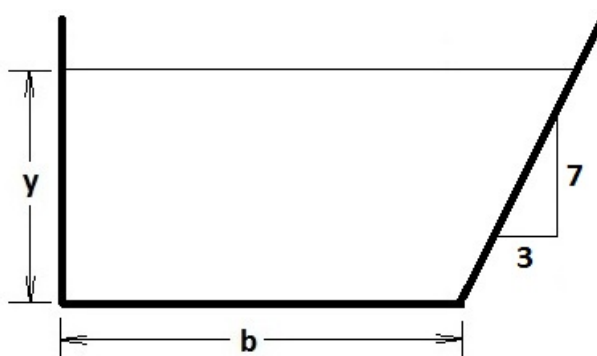
۲-۱۰ اطلاعات زیر برای کانالی با مقطع نشان داده شده در شکل ۲.۱۰ داده شده است:

$$\begin{cases} Q = 150 m^3/s \\ S = 0.0011 \\ n = 0.018 \end{cases}$$

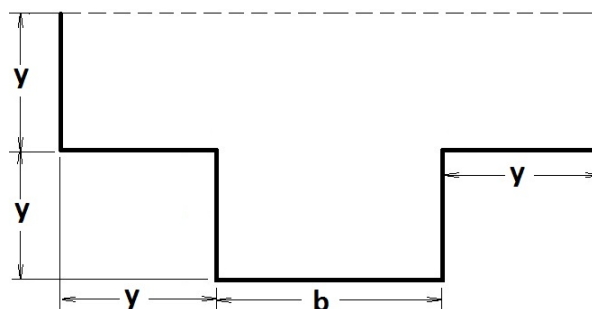
تعیین کنید:

الف) نسبت ($\frac{b}{y}$) برای داشتن بهترین سطح مقطع هیدرولیکی

ب) اندازه (y) و (b) برای داشتن بهترین سطح مقطع هیدرولیکی



شکل ۱۰.۱: شکل مربوط به مسئله ۱۰-۱



شکل ۱۰.۲: شکل مربوط به مسئله ۱۰-۲

۱۰-۳ اطلاعات زیر برای کانالی با مقطع نشان داده شده در شکل ۱۰-۳ داده شده است:

$$\begin{cases} Q = 150 \text{ m}^3/\text{s} \\ S = 0.0011 \\ n = 0.018 \end{cases}$$

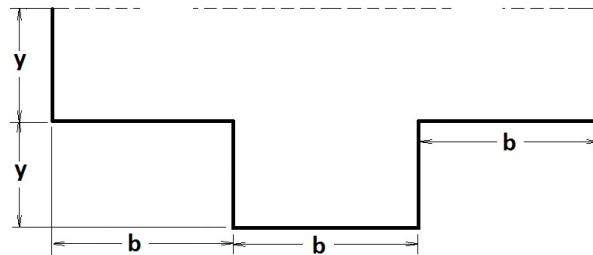
تعیین کنید:

الف) نسبت $(\frac{b}{y})$ برای داشتن بهترین سطح مقطع هیدرولیکی

ب) اندازه (y) و (b) برای داشتن بهترین سطح مقطع هیدرولیکی

۱۰-۴ اطلاعات زیر برای کانالی با مقطع نشان داده شده در شکل ۱۰-۴ داده شده است:

$$\begin{cases} Q = 150 \text{ m}^3/\text{s} \\ S = 0.0011 \\ n = 0.018 \end{cases}$$

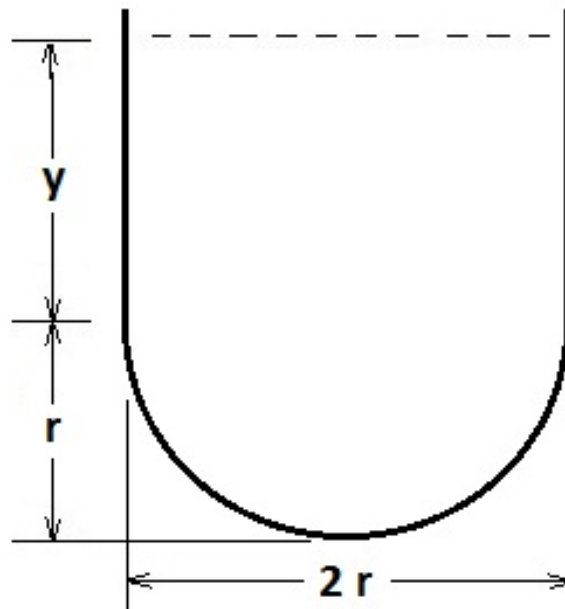


شکل ۳.۱۰: شکل مربوط به مسئله ۱۰-۳

تعیین کنید:

الف) نسبت $(\frac{r}{y})$ برای داشتن بهترین سطح مقطع هیدرولیکی

ب) اندازه (y) و (r) برای داشتن بهترین سطح مقطع هیدرولیکی



شکل ۴.۱۰: شکل مربوط به مسئله ۱۰-۴

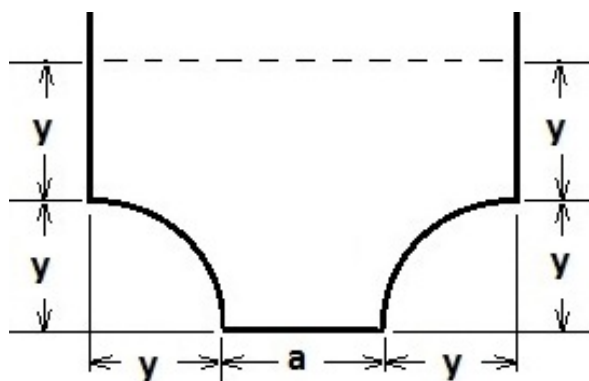
۵-۱۰ اطلاعات زیر برای کانالی با مقطع نشان داده شده در شکل ۵.۱۰ داده شده است:

$$\begin{cases} Q = 150 m^3/s \\ S = 0.0011 \\ n = 0.018 \end{cases}$$

تعیین کنید:

(الف) نسبت $(\frac{a}{y})$ برای داشتن بهترین سطح مقطع هیدرولیکی

(ب) اندازه (y) و (a) برای داشتن بهترین سطح مقطع هیدرولیکی



شکل ۵.۱۰: شکل مربوط به مسئله ۵-۱۰

پیوست آ

جواب مسائل انتهای فصول

جدول آ.۱: جواب مسائل انتهای فصل اول

مسئله	جواب
۱-۱	$C_2 = 1.172 \times 10^{-9} s^{-1}, \quad h_f = 356.1 m$
۲-۱	$h_p = 359.1 m, \quad \dot{W}_p = 703 kW$
۳-۱	$Q = 0.541 L/s, \quad L_e = 100.7 m, \quad t = 0.037 Sec$
۴-۱	الف: $Q_1 = 57.8 L/s, \quad Q_2 = 45.8 L/s, \quad Q_3 = 121.1 L/s$
۴-۱	ب: $Q_1 = 64.3 L/s, \quad Q_2 = 50.3 L/s, \quad Q_3 = 140.1 L/s$
۵-۱	الف: $42.9 L/s, \quad 34.0 L/s, \quad 89.8 L/s, \quad Q_4 = 166.7 L/s$
۵-۱	ب: $48.0 L/s, \quad 37.6 L/s, \quad 104.8 L/s, \quad Q_4 = 190.4 L/s$
۶-۱	الف: $48.6 L/s, \quad 38.5 L/s, \quad 101.9 L/s, \quad Q_4 = 189.1 L/s$
۶-۱	ب: $54.4 L/s, \quad 42.5 L/s, \quad 118.7 L/s, \quad Q_4 = 215.6 L/s$
۷-۱	الف: $4.22 L/s, \quad 3.34 L/s, \quad 8.84 L/s, \quad Q_4 = Q_5 = 16.41 L/s$
۷-۱	ب: $4.21 L/s, \quad 3.32 L/s, \quad 9.41 L/s, \quad Q_4 = Q_5 = 16.94 L/s$
۸-۱	الف: $40.8 L/s, \quad 32.3 L/s, \quad 23.9 L/s, \quad Q_4 = 49.2 L/s$
۸-۱	ب: $44.4 L/s, \quad 34.8 L/s, \quad 25.0 L/s, \quad Q_4 = 54.1 L/s$

جدول آ.۲: جواب مسائل انتهای فصل دوم

مسئله	جواب
۱-۲	$Q_1 = 51.5 \text{ L/s}, Q_2 = 88.5 \text{ L/s}, Q_3 = 216.5 \text{ L/s}$
۲-۲	$Q_1 = 51.5 \text{ L/s}, Q_2 = 88.5 \text{ L/s}, Q_3 = 216.5 \text{ L/s}$
۳-۲	$Q_1 = 51.5 \text{ L/s}, Q_2 = 88.5 \text{ L/s}, Q_3 = 216.5 \text{ L/s}$
۴-۲	$112.1 \text{ L/s}, -52.9 \text{ L/s}, 189.7 \text{ L/s}, -4.7 \text{ L/s}, 23.2 \text{ L/s}$
۵-۲	$112.1 \text{ L/s}, -52.9 \text{ L/s}, 189.7 \text{ L/s}, -4.7 \text{ L/s}, 23.2 \text{ L/s}$
۶-۲	$112.1 \text{ L/s}, -52.9 \text{ L/s}, 189.7 \text{ L/s}, -4.7 \text{ L/s}, 23.2 \text{ L/s}$
۷-۲	$-45.8 \text{ L/s}, 252.3 \text{ L/s}, -66.5 \text{ L/s}, 154.2 \text{ L/s}, 87.7 \text{ L/s}$
۸-۲	$-45.8 \text{ L/s}, 252.3 \text{ L/s}, -66.5 \text{ L/s}, 154.2 \text{ L/s}, 87.7 \text{ L/s}$
۹-۲	$-45.8 \text{ L/s}, 252.3 \text{ L/s}, -66.5 \text{ L/s}, 154.2 \text{ L/s}, 87.7 \text{ L/s}$

جدول آ.۳: جواب مسائل انتهای فصل سوم

مسئله	جواب
۱-۳	$C_0 = 47.89, C_1 = 0.02653$
۲-۳	$Err. = 16.9\%$
۳-۳	$C_0 = -16.821, C_1 = 16.283$
۴-۳	$Err. = 4.9\%$
۵-۳	$A_e = 3.31 \times 10^7 \text{ Rials} = 3.31 \text{ MT}$
۶-۳	$C_c = 431.64 \text{ MT}$
۷-۳	الف: $P = 310 \text{ MW}$
۷-۳	ب: $C_p = 4.72 \text{ MT}, C_{cp} = 77.2 \text{ MT}$
۷-۳	ج: $C_m = 1368000 \text{ MT}, C_{cm} = 15690530 \text{ MT}$
۷-۳	د: $A_e = 5244.3 \text{ MT}, C_{ce} = 437025 \text{ MT}$
۸-۳	$(NPV)_m = 9648308 \text{ MT}, (NPV)_p = 474643361 \text{ MT}$
۸-۳	$(NPV)_e = 268732 \text{ MT}$
۹-۳	$k_t = 415970 \text{ Rial/W}$
۱۰-۳	الف: $k_r = 166.4 \text{ m}^{k+1}/\text{W}$
۱۰-۳	ب: $h_e = 0.82 \text{ m}$

جدول آ.۴: جواب مسائل انتهای فصل چهارم

مسئله	جواب
۱-۴	$k_r < \frac{k\pi^2}{40\rho f Q^3} \left(\frac{8fLQ^2}{g\pi^2\delta} \right)^{0.2k+1}$
۲-۴	الف: $D_g = 0.502 \text{ m}$
۲-۴	ب: $F_g = 2633$
۲-۴	ج: $D_p = 0.468 \text{ m}, \quad h_p = 7.38 \text{ m}$
۲-۴	د: $F_p = 2551$
۲-۴	ه: 0.0379
۳-۴	$D_g = 0.502 \text{ m}, \quad F_g = 2633, \quad D_p = 1.578 \text{ m}$
۴-۴	0.0316
۵-۴	0.0304
۶-۴	چون در آن مسئله k_r مسئله $h_{p,min} = 0 \Rightarrow k_r$

جدول آ.۵: جواب مسائل انتهای فصل پنجم

مسئله	جواب
۱-۵	$D_1 = 115 \text{ mm}, \quad D_2 = 111 \text{ mm}, \quad D_3 = 96 \text{ mm}, \quad D_4 = 79 \text{ mm}$
۱-۵	$H_1 = 11.50 \text{ m}, \quad H_2 = 5.36 \text{ m}, \quad H_3 = 6.49 \text{ m}, \quad H_4 = 5.00 \text{ m}$
۲-۵	$D_1 = 115 \text{ mm}, \quad D_2 = 111 \text{ mm}, \quad D_3 = 96 \text{ mm}, \quad D_4 = 79 \text{ mm}$
۲-۵	$H_1 = 1.50 \text{ m}, \quad H_2 = 0.36 \text{ m}, \quad H_3 = -3.51 \text{ m}, \quad H_4 = 5.00 \text{ m}$
۳-۵	$D_1 = 118 \text{ mm}, \quad D_2 = 114 \text{ mm}, \quad D_3 = 98 \text{ mm}, \quad D_4 = 79 \text{ mm}$
۳-۵	$H_1 = 5.32 \text{ m}, \quad H_2 = 7.02 \text{ m}, \quad H_3 = 5.00 \text{ m}, \quad H_4 = 13.50 \text{ m}$
۴-۵	با در نظر گرفتن: $0.1 \leq D_1 \leq 0.125, \quad 0.075 \leq D_3 \leq 0.1$
۴-۵	$0.1 \leq D_2 \leq 0.125, \quad 0.075 \leq D_4 \leq 0.1$
۴-۵	پس از شش چرخش داریم: $x_1 = 0, \quad x_2 = 250 \text{ m}, \quad x_3 = 37.4 \text{ m}, \quad x_4 = 162.6 \text{ m}$
۴-۵	$x_5 = 43.7 \text{ m}, \quad x_6 = 136.3 \text{ m}, \quad x_7 = 220 \text{ m}, \quad x_8 = 0$
۵-۵	$D_1 = 200 \text{ mm}, \quad D_2 = 170 \text{ mm}, \quad D_3 = D_4 = 132 \text{ mm}, \quad D_5 = 125 \text{ mm}$
۵-۵	$H_1 = 5.99 \text{ m}, \quad H_2 = 6.64 \text{ m}, \quad H_3 = H_4 = 5.00 \text{ m}, \quad H_5 = 7.59 \text{ m}$
۶-۵	با در نظر گرفتن: $0.2 \leq D_1 \leq 0.25, \quad 0.15 \leq D_2 \leq 0.2$
۶-۵	$0.125 \leq D_3 \leq 0.15, \quad 0.125 \leq D_4 \leq 0.15, \quad 0.125 \leq D_5 \leq 0.15$
۶-۵	پس از شش چرخش داریم: $x_1 = 800 \text{ m}, \quad x_2 = 0, \quad x_3 = 81.5 \text{ m}, \quad x_4 = 318.5 \text{ m}$
۶-۵	$x_5 = x_7 = x_9 = 500 \text{ m}, \quad x_6 = x_8 = x_{10} = 0$

جدول آ.۶: جواب مسائل انتهای فصول ششم و هفتم

مسئله	جواب
۱-۶ ۱-۶	$D_1 = 270 \text{ mm}, D_2 = 245 \text{ mm}, D_3 = 207 \text{ mm}, h_p = 7.96 \text{ m}$ $H_1 = 6.67 \text{ m}, H_2 = 5.66 \text{ m}, H_3 = 5.00 \text{ m}$
۲-۶ ۲-۶	$D_1 = 270 \text{ mm}, D_2 = 245 \text{ mm}, D_3 = 207 \text{ mm}, h_p = 37.96 \text{ m}$ $H_1 = 26.67 \text{ m}, H_2 = 15.66 \text{ m}, H_3 = 5.00 \text{ m}$
۳-۶ ۳-۶	$D_1 = 329 \text{ mm}, D_2 = 262 \text{ mm}, D_3 = 221 \text{ mm}, h_p = 6.99 \text{ m}$ $H_1 = 5.72 \text{ m}, H_2 = 5.00 \text{ m}, H_3 = 5.25 \text{ m}$
۴-۶ ۴-۶	$D_1 = 329 \text{ mm}, D_2 = 262 \text{ mm}, D_3 = 221 \text{ mm}, h_p = 36.74 \text{ m}$ $H_1 = 25.47 \text{ m}, H_2 = 14.75 \text{ m}, H_3 = 5.00 \text{ m}$
۵-۶ ۵-۶ ۵-۶ ۵-۶ ۵-۶ ۵-۶	$D_1 = 329 \text{ mm}, D_2 = 262 \text{ mm}, D_3 = 221 \text{ mm}$ $D_4 = 221 \text{ mm}, D_5 = 221 \text{ mm}, h_p = 7.46 \text{ m}$ $H_1 = 6.19 \text{ m}, H_2 = 5.47 \text{ m}, H_3 = 5.00 \text{ m}$ $H_4 = 5.00 \text{ m}, H_5 = 5.72 \text{ m}$ بعد از تصحیح (مسیرهای ۳ و ۴ مسیر اصلی هستند) $D_5 = 184 \text{ mm}, H_5 = 5.00 \text{ m}$
۶-۶ ۶-۶ ۶-۶ ۶-۶ ۶-۶ ۶-۶ ۶-۶ ۶-۶ ۶-۶ ۶-۶	$D_1 = 329 \text{ mm}, D_2 = 262 \text{ mm}, D_3 = 221 \text{ mm}$ $D_4 = 221 \text{ mm}, D_5 = 221 \text{ mm}, h_p = 56.74 \text{ m}$ $H_1 = 45.47 \text{ m}, H_2 = 34.75 \text{ m}, H_3 = 24.28 \text{ m}$ $H_4 = 14.28 \text{ m}, H_5 = 5.00 \text{ m}$ بعد از تصحیح (مسیر ۵ مسیر اصلی است) $D_1 = 329 \text{ mm}, D_2 = 170 \text{ mm}, D_3 = 125 \text{ mm}$ $D_4 = 143 \text{ mm}, D_5 = 221 \text{ mm}, h_p = 56.74 \text{ m}$ $H_1 = 45.47 \text{ m}, H_2 = 29.14 \text{ m}, H_3 = 11.04 \text{ m}$ $H_4 = 5.00 \text{ m}, H_5 = 5.00 \text{ m}$
۷-۶ ۷-۶ ۷-۶ ۷-۶	با در نظر گرفتن: $0.25 \leq D_1 \leq 0.3, 0.2 \leq D_2 \leq 0.25$ $0.2 \leq D_3 \leq 0.25$ پس از چهار چرخش داریم: $x_1 = 0, x_2 = 5 \text{ km}$ $x_3 = 0, x_4 = 5 \text{ km}, x_5 = 0, x_6 = 5 \text{ km}, h_p = 36.954 \text{ m}$
۱-۷ ۲-۷ ۳-۷ ۴-۷	$D = 337 \text{ mm}, n = 2$ $D = 334 \text{ mm}, n = 3$ $D = 240 \text{ mm}, n = 2$ $D = 336 \text{ mm}, n = 2$

جدول ۷.آ: جواب مسائل انتهای فصل هشتم

مسئله	جواب
۱-۸	الف: $D_1 = 186 \text{ mm}$, $D_2 = 143 \text{ mm}$, $D_3 = 120 \text{ mm}$, $D_4 = 88 \text{ mm}$
۱-۸	ب: $H_1 = 5.00 \text{ m}$, $H_2 = 6.86 \text{ m}$, $H_3 = 12.06 \text{ m}$
۱-۸	ج: $D_1 = 200 \text{ mm}$, $D_2 = 150 \text{ mm}$, $D_3 = 125 \text{ mm}$, $D_4 = 100 \text{ mm}$
۱-۸	د: $H_1 = 9.57 \text{ m}$, $H_2 = 13.16 \text{ m}$, $H_3 = 19.06 \text{ m}$
۲-۸	الف: $D_1 = 207 \text{ mm}$, $D_2 = 161 \text{ mm}$, $D_3 = 139 \text{ mm}$
۲-۸	$D_4 = 117 \text{ mm}$, $D_5 = 92 \text{ mm}$
۲-۸	ب: $H_1 = 5.00 \text{ m}$, $H_2 = 6.74 \text{ m}$, $H_3 = 14.99 \text{ m}$, $H_4 = 19.61 \text{ m}$
۲-۸	ج: $D_1 = 250 \text{ mm}$, $D_2 = 150 \text{ mm}$, $D_3 = 125 \text{ mm}$
۲-۸	$D_4 = 100 \text{ mm}$, $D_5 = 100 \text{ mm}$
۲-۸	د: $H_1 = 14.11 \text{ m}$, $H_2 = 12.29 \text{ m}$, $H_3 = 17.12 \text{ m}$, $H_4 = 16.66 \text{ m}$
۳-۸	الف: $D_1 = 207 \text{ mm}$, $D_2 = 151 \text{ mm}$, $D_3 = 133 \text{ mm}$
۳-۸	$D_4 = 103 \text{ mm}$, $D_5 = 97 \text{ mm}$, $D_6 = 73 \text{ mm}$
۳-۸	ب: $H_1 = 5.00 \text{ m}$, $H_2 = 7.39 \text{ m}$, $H_3 = 15.55 \text{ m}$, $H_4 = 21.97 \text{ m}$
۳-۸	ج: $D_1 = 250 \text{ mm}$, $D_2 = 150 \text{ mm}$, $D_3 = 125 \text{ mm}$
۳-۸	$D_4 = 100 \text{ mm}$, $D_5 = 100 \text{ mm}$, $D_6 = 75 \text{ mm}$
۳-۸	د: $H_1 = 14.26 \text{ m}$, $H_2 = 16.40 \text{ m}$, $H_3 = 21.21 \text{ m}$, $H_4 = 29.41 \text{ m}$
۴-۸	الف: $D_1 = 299 \text{ mm}$, $D_2 = 234 \text{ mm}$, $D_3 = 181 \text{ mm}$, $D_4 = 141 \text{ mm}$
۴-۸	$D_5 = 136 \text{ mm}$, $D_6 = 128 \text{ mm}$, $D_7 = 87 \text{ mm}$, $D_8 = 83 \text{ mm}$
۴-۸	ب: $H_1 = 5.00 \text{ m}$, $H_2 = 9.26 \text{ m}$, $H_3 = 14.24 \text{ m}$
۴-۸	$H_4 = 26.72 \text{ m}$, $H_5 = 32.37 \text{ m}$, $H_6 = 38.36 \text{ m}$
۴-۸	ج: $D_1 = 300 \text{ mm}$, $D_2 = 250 \text{ mm}$, $D_3 = 150 \text{ mm}$, $D_4 = 125 \text{ mm}$
۴-۸	$D_5 = 125 \text{ mm}$, $D_6 = 125 \text{ mm}$, $D_7 = 75 \text{ mm}$, $D_8 = 75 \text{ mm}$
۴-۸	د: $H_1 = 5.05 \text{ m}$, $H_2 = 10.94 \text{ m}$, $H_3 = 7.66 \text{ m}$
۴-۸	$H_4 = 19.89 \text{ m}$, $H_5 = 21.63 \text{ m}$, $H_6 = 24.13 \text{ m}$
۵-۸	با در نظر گرفتن: $0.15 \leq D_1 \leq 0.2$, $0.125 \leq D_2 \leq 0.15$
۵-۸	$0.1 \leq D_3 \leq 0.125$, $0.075 \leq D_4 \leq 0.1$
۵-۸	پس از چهار چرخش داریم: $x_1 = 0$, $x_2 = 2 \text{ km}$, $x_3 = 0$
۵-۸	$x_4 = 1.6 \text{ km}$, $x_5 = 2.5 \text{ km}$, $x_6 = 0$, $x_7 = 2 \text{ km}$, $x_8 = 0$

جدول آ.۸: جواب مسائل انتهای فصول نهم و دهم

مسئله	جواب
۱-۹	الف: $D_1 = 438 \text{ mm}$, $D_2 = 326 \text{ mm}$, $D_3 = 375 \text{ mm}$, $D_4 = 180 \text{ mm}$
۱-۹	$h_p = 6.63 \text{ m}$
۱-۹	ب: $H_1 = 5.67 \text{ m}$, $H_2 = 5.06 \text{ m}$, $H_3 = 5.00 \text{ m}$
۱-۹	ج: $D_1 = 500 \text{ mm}$, $D_2 = 320 \text{ mm}$, $D_3 = 350 \text{ mm}$, $D_4 = 150 \text{ mm}$
۱-۹	$h_p = 6.63 \text{ m}$
۱-۹	د: $H_1 = 5.93 \text{ m}$, $H_2 = 5.28 \text{ m}$, $H_3 = 5.00 \text{ m}$
۲-۹	الف: $D_1 = 408 \text{ mm}$, $D_2 = 314 \text{ mm}$, $D_3 = 316 \text{ mm}$, $D_4 = 235 \text{ mm}$
۲-۹	$D_5 = 239 \text{ mm}$, $h_p = 6.74 \text{ m}$
۲-۹	ب: $H_1 = 5.71 \text{ m}$, $H_2 = 5.24 \text{ m}$, $H_3 = 5.26 \text{ m}$, $H_4 = 5.01 \text{ m}$
۲-۹	ج: $D_1 = 500 \text{ mm}$, $D_2 = 300 \text{ mm}$, $D_3 = 300 \text{ mm}$, $D_4 = 200 \text{ mm}$
۲-۹	$D_5 = 200 \text{ mm}$, $h_p = 6.56 \text{ m}$
۲-۹	د: $H_1 = 6.19 \text{ m}$, $H_2 = 5.60 \text{ m}$, $H_3 = 5.62 \text{ m}$, $H_4 = 5.00 \text{ m}$
۳-۹	الف: $D_1 = 408 \text{ mm}$, $D_2 = 239 \text{ mm}$, $D_3 = 331 \text{ mm}$, $D_4 = 185 \text{ mm}$
۳-۹	$D_5 = 74 \text{ mm}$, $D_6 = 213 \text{ mm}$, $h_p = 6.73 \text{ m}$
۳-۹	ب: $H_1 = 5.70 \text{ m}$, $H_2 = 5.45 \text{ m}$, $H_3 = 5.21 \text{ m}$, $H_4 = 5.01 \text{ m}$
۳-۹	ج: $D_1 = 500 \text{ mm}$, $D_2 = 200 \text{ mm}$, $D_3 = 320 \text{ mm}$, $D_4 = 150 \text{ mm}$
۳-۹	$D_5 = 50 \text{ mm}$, $D_6 = 200 \text{ mm}$, $h_p = 6.29 \text{ m}$
۳-۹	د: $H_1 = 5.86 \text{ m}$, $H_2 = 5.24 \text{ m}$, $H_3 = 5.27 \text{ m}$, $H_4 = 5.00 \text{ m}$
۴-۹	الف: $D_1 = 408 \text{ mm}$, $D_2 = 335 \text{ mm}$, $D_3 = 270 \text{ mm}$, $D_4 = 311 \text{ mm}$
۴-۹	$D_5 = 224 \text{ mm}$, $D_6 = 178 \text{ mm}$, $D_7 = 264 \text{ mm}$, $D_8 = 237 \text{ mm}$
۴-۹	$h_p = 7.04 \text{ m}$
۴-۹	ب: $H_1 = 6.01 \text{ m}$, $H_2 = 5.47 \text{ m}$, $H_3 = 5.13 \text{ m}$
۴-۹	$H_4 = 5.58 \text{ m}$, $H_5 = 5.26 \text{ m}$, $H_6 = 5.01 \text{ m}$
۴-۹	ج: $D_1 = 500 \text{ mm}$, $D_2 = 320 \text{ mm}$, $D_3 = 250 \text{ mm}$, $D_4 = 300 \text{ mm}$
۴-۹	$D_5 = 200 \text{ mm}$, $D_6 = 150 \text{ mm}$, $D_7 = 250 \text{ mm}$, $D_8 = 200 \text{ mm}$
۴-۹	$h_p = 6.89 \text{ m}$
۴-۹	د: $H_1 = 6.52 \text{ m}$, $H_2 = 5.84 \text{ m}$, $H_3 = 5.35 \text{ m}$, $H_4 = 6.01 \text{ m}$
۴-۹	$H_5 = 5.47 \text{ m}$, $H_6 = 5.00 \text{ m}$
۱-۱۰	$\frac{y}{b} = \frac{4+\sqrt{58}}{7}$, $y = 3.0020 \text{ m}$, $b = 4.9815 \text{ m}$
۲-۱۰	$\frac{y}{b} = 4$, $y = 2.1953 \text{ m}$, $b = 8.7813 \text{ m}$
۳-۱۰	$\frac{y}{b} = \frac{4}{3}$, $y = 3.0753 \text{ m}$, $b = 4.1005 \text{ m}$
۴-۱۰	$\frac{y}{r} = 0$, $y = 0$, $r = 5.2265 \text{ m}$
۵-۱۰	$\frac{y}{a} = \frac{2}{3\pi-4}$, $y = 2.4035 \text{ m}$, $a = 6.5192 \text{ m}$

پیوست ب

خواص فیزیکی

جدول ب.۱: تغییرات لزجت سینماتیکی و چگالی را برحسب دما [۴]

$T(^{\circ}C)$	$\rho(kg/m^3)$	$\nu(m^2/s)$
0	999.9	1.792×10^{-6}
5	1000.0	1.519×10^{-6}
10	999.7	1.308×10^{-6}
15	999.1	1.141×10^{-6}
20	998.2	1.007×10^{-6}
25	997.1	0.897×10^{-6}
30	995.7	0.804×10^{-6}
35	994.1	0.727×10^{-6}
40	992.2	0.661×10^{-6}
45	990.2	0.605×10^{-6}
50	988.1	0.556×10^{-6}
55	985.7	0.513×10^{-6}
60	983.2	0.477×10^{-6}
65	980.6	0.444×10^{-6}
70	977.8	0.415×10^{-6}
75	974.9	0.390×10^{-6}
80	971.8	0.367×10^{-6}
85	968.6	0.347×10^{-6}
90	965.3	0.328×10^{-6}
95	961.9	0.311×10^{-6}
100	958.4	0.296×10^{-6}

جدول ب.۲: ضریب هیزن- ویلیام [۴]

C_{HW}	جنس آستر
130 – 140	فلزات
60 – 80	فولاد
150	PVC
100	آجر
120	مصالح بنایی
100	چدن کهنه
130	چدن نو
120	چوب صاف

جدول ب.۳: ضریب زبری مانینگ [۴]

n_{max}	n	n_{min}	جنس آستر
0.013	0.010	0.009	برنج
0.014	0.012	0.010	فولاد
0.017	0.016	0.013	فولاد پرچی
0.014	0.013	0.010	چدن پوشش دار
0.016	0.014	0.011	چدن بدون پوشش
0.015	0.014	0.012	آهن ندم
0.017	0.016	0.013	آهن گالوانیزه
0.010	0.009	0.008	پلاستیک
0.013	0.010	0.009	شیشه
0.013	0.011	0.010	بتن صاف
0.014	0.013	0.011	بتن معمولی
0.014	0.012	0.010	چوب صاف
0.020	0.017	0.015	چوب معمولی
0.017	0.013	0.011	گل (خاک رس)
0.017	0.015	0.012	آجر معمولی
0.015	0.013	0.011	آجر لعاب دار