

آزمایش اول : تعیین آزمایشی تلفات در لوله های با قطر کوچک

مقدمه : یکی از عمومی ترین مسائل در مکانیک سیالات تخمین افت فشار است. بنابراین هدف از این آزمایش بررسی افت فشار در اجزا مختلف یک سیستم لوله کشی می باشد.

شرح دستگاه : دستگاه مورد استفاده در این آزمایش شامل دو مدار کاملاً مجزا هیدرولیکی است که یکی به رنگ آبی روشن و دیگری به رنگ آبی تیره قابل مشاهده است که هر کدام از تعدادی اجزا سیستم لوله کشی تشکیل شده اند. دستگاه به یک میز هیدرولیکی وصل شده است.

ورودی جریان بطور مستقیم از میز به هر دو سیستم وارد شده که با قرار دادن دو شیر فلکه در انتهای هر مسیر می توان شدت جریان با باز و بسته کردن فلکه ها کاملاً قابل کنترل است. اجزا هر یک از مدارها بصورت زیر می باشند:

- | | | |
|---------------|---|-----------------------------------|
| مدار آبی تیره | } | 1. شیر فلکه کشویی |
| | | 2. خم زانوئی استاندارد |
| | | 3. خم تیز 90 درجه |
| | | 4. لوله صاف |
| مدار آبی روشن | } | 5. شیر فلکه بشقابی |
| | | 6. افزایش ناگهانی سطح مقطع |
| | | 7. کاهش ناگهانی سطح مقطع |
| | | 8. خم 90 درجه با شعاع 150 میلیمتر |
| | | 9. خم 90 درجه با شعاع 100 میلیمتر |
| | | 10. خم 90 درجه با شعاع 50 میلیمتر |

در تمامی موارد (بجز شیر فلکه بشقابی و کشویی) تغییر فشار در طول هر یک از اجزا بوسیله یک جفت لوله فشار سنج تحت فشار اندازه گیری می شود.

در مورد شیرهای اندازه گیری فشار بوسیله لوله U شکل شال جیوه اندازه گیری می شود. (به علت اختلاف فشار زیاد دو سر شیر).

شرح آزمایش :

همانطور که قبلاً گفته شد دستگاه دارای دو مدار کاملاً مجزا است و در مرحله اول یکی از مدارها را با بستن شیر فلکه خروجی آن کاملاً از مدار خارج می کنیم.

ابتدا پمپ را روشن کرده و شیر آب روی میز هیدرولیکی را تا آخر باز می کنیم و شیر فلکه بشقابی را کاملاً می بندیم و شیر فلکه کشویی را کاملاً باز می کنیم. مشاهده می شود که آب در مدار آبی روشن جریان پیدا نمی کند و اختلاف فشار دوسر همه اجزا آن صفر است. ابتدا دبی دستگاه را به وسیله میز هیدرولیکی اندازه می گیریم (با بالا گرفتن دسته دستگاه آب داخل مخزن دستگاه را خالی می کنیم و پس از خالی شدن آب بر اثر وزن طرف دیگر مخزن داخل دستگاه بالا می رود و سوپاپ داخل دستگاه بسته می شود پس از آن اهرم دستگاه را می بندیم و پس از برخورد دسته با اهرم یک وزنه 2 کیلویی بر روی دسته می گذاریم چون نسبت طول بازو دو طرف دسته 1 به 3 است پس از پر شدن مخزن به میزان 6 کیلوگرم دوباره دو طرف هموزن شده و دسته دوباره به بازو برخورد میکند حال با تقسیم 6 بر زمان بین برخورد اولیه و ثانویه دبی دستگاه بر حسب لیتر بر ثانیه بدست می آید) و سپس اهرم را زیر بازو ترازو قرار می دهیم تا آب خروجی مخزن با آب ورودی آن برابر شود و باعث تغییر در دبی جریان نشود.

سپس مانومترهای 1 تا 6 و مانومترهای جیوه ای دوسر شیر فلکه کشویی را می خوانیم و در جدول یک قرار می دهیم و سپس شیر فلکه را کمی می بندیم تا دبی عبوری از دستگاه کاهش یابد و عملیات فوق را مجدداً انجام می دهیم این عمل را در 8 مرحله انجام می دهیم و پس از آن شیر فلکه کشویی را می بندیم و شیر فلکه بشقابی را باز می کنیم مشاهده می شود که آب در مدار آبی روشن جریان می یابد مانومترهای 7 تا 16 و مانومترهای دو سر شیر بشقابی را می خوانیم و آنها را در جدول 2 قرار می دهیم در این حالت نیز با بستن تدریجی فلکه در 8 مرحله با دبی های مختلف افت فشارهای مختلف را بدست می آوریم.

جدول مناسبات برای مدار آبی تیره

Test Number	Time to Collect x Kg of Water (s)		Piezometer Tube Readings (cm) Water						U_Tube (cm) Hg	
	Weight (Kg)	Time (s)	1	2	3	4	5	6	Gate Valve	
1	6	26.53	725	360	882	650	1169	775	312	302
2	6	27.86	728	412	878	674	1160	814	335	279
3	6	30.10	730	454	873	692	1151	848	355	260
4	6	33.86	731	550	865	718	1143	895	380	233
5	6	37.29	733	467	861	738	1134	930	399	212
6	6	45.86	730	599	854	736	1112	976	426	184
7	6	58.81	729	644	847	791	1109	1012	453	158
8	6	1.31.81	729	691	842	811	1099	1057	465	145
9	6	5.42.3	725	736	841	838	1095	1088	496	120

Test Number	Time to Collect x Kg of Water (s)		Piezometer Tube Readings (cm) Water										U_Tube (cm) Hg	
	Weight (Kg)	Time (s)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Gate Valve	
1	6	24.61	675	720	706	469	658	386	680	335	756	469	425	389
2	6	27.29	678	715	704	510	658	431	671	392	746	510	450	364
3	6	30.36	682	712	703	543	652	469	673	435	739	541	475	339
4	6	34.28	685	709	700	575	656	505	667	480	730	573	500	314
5	6	42.18	688	705	699	608	653	543	660	525	721	605	525	287
6	6	51.61	691	702	698	638	650	576	554	564	712	635	550	262
7	6	1.21.59	695	700	698	673	647	614	647	609	703	668	575	233

افت لوله صاف :

هدف از این آزمایش بدست آوردن روابط زیر است

- افت ارتفاع تابعی از آهنگ جریان حجمی است.
- ضریب اصطکاک تابعی از عدد رینولدز است.

ابتدا با رسم نمودار h_L و Q بصورت لگاریتمی (نمودار 1) رابطه بین کاهش ارتفاع - آهنگ جریان حجمی بدست می آید. نمودار نشان می دهد $h_L = KQ^n$ می باشد.. مقدار کم این عدد نسبت به مقدار مورد قبول برای جریانهای آشفته $1/75$ تا $2/00$ بعلت هموار بودن لوله و کوچک بودن عدد رینولدز در مقایسته با دیگر حالات بدست آمده است.

همچنین میتوانیم نمودار بین عدد رینولدز (Re) و ضریب اصطکاک (f) را رسم کنیم.

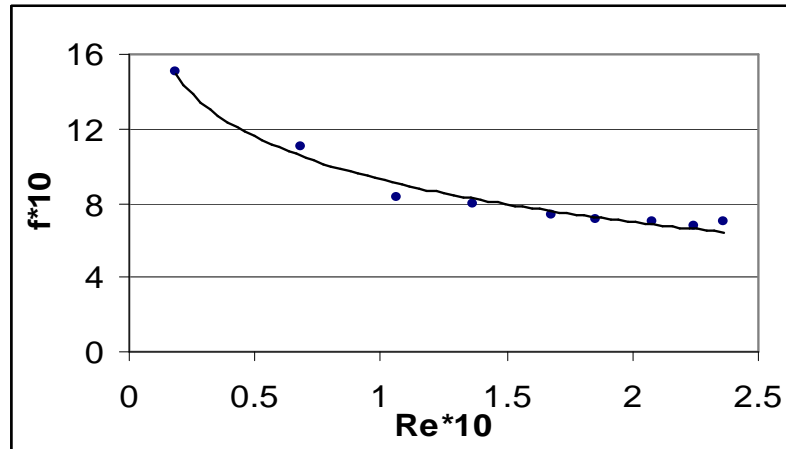
$$R_e = \frac{Vd}{\nu}$$

$$f = h_L \frac{gd}{2LV^2}$$

همچنین ضریب اصطکاک را می توان بوسیله معادل بلازیوس نیز بدست آورد: $f=0.0785/R_e^{1/4}$

ضریب اصطکاک و عدد رینولدز در لوله صاف (مدار آبی تیره)

No Test	$Q \times 10^4$	$Re \times 10^{-4}$	$h_l \times 10^3$	$f \times 10^5$
1	2.262	2.361	232	6.978
2	2.154	2.248	204	6.766
3	1.993	2.08	181	7.013
4	1.781	1.859	147	7.132
5	1.0619	1.6793	123	7.311
6	1.308	1.365	88	7.915
7	1.02	1.0646	56	8.283
8	0.6235	0.682	31	11
9	0.1753	0.183	3	15



افزایش ناگهانی سطح مقطع :

هدف از این آزمایش مقایسه افزایش ارتفاع در طول افزایش مقطع ناگهانی با افزایش ارتفاع محاسبه شده با استفاده از فرض های :

- بدون افت ارتفاع

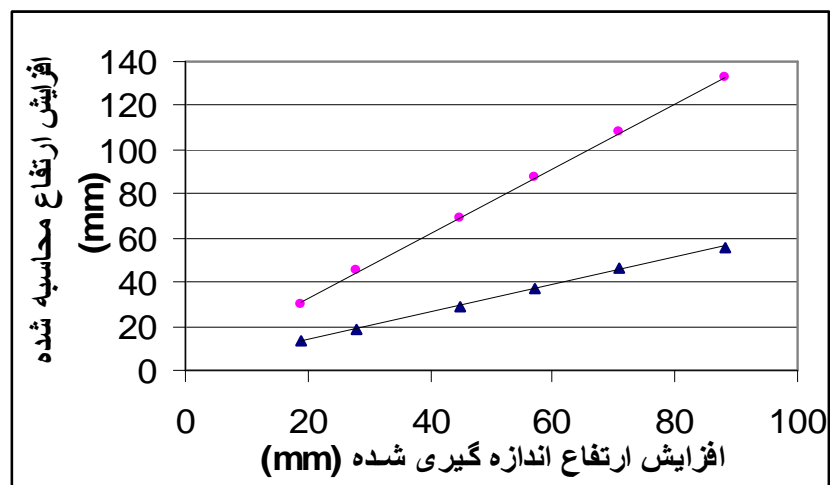
- با افت ارتفاعی معادل $h_L = (V_1 - V_2)^2 / 2g$

سپس نمودار تغییر ارتفاع بدست آمده نسبت به تغییر ارتفاع محاسبه شده را رسم می کنیم - در سه حالت با افت بدست آمده ، بدون افت و با افت معادل $(V_1 - V_2)^2 / 2g$.

از روی نمودار مشاهده می شود که با در نظر گرفتن افتی معادل $(V_1 - V_2)^2 / 2g$ ، نمودار افت بدست آمده بسیار نزدیک به افت واقعی محاسبه شده به ما می دهد.

همچنین میتوانیم نمودار افت فشار بر حسب دبی را در این سه حالت رسم.

Test No	افت اندازه گیری شده ($h_L \times 10^3$) متر	$V_1 (m/s)$	$V_2 (m/s)$	افزایش ارتفاع اندازه گیری شده ($\Delta y \times 10^3$) متر	محاسبه شده توسط رابطه * ($h_L \times 10^3$) متر	افزایش ارتفاع محاسبه شده با افت ($\Delta y \times 10^3$) متر	افزایش ارتفاع محاسبه شده بدون افت ($\Delta y \times 10^3$) متر
1	45	1.678	0.425	88	77	56	133
2	37	1.514	0.408	71	62	46	108
3	30	1.36	0.367	57	50	37	87
4	24	1.208	0.326	45	40	29	69
5	17	0.979	0.264	28	26	19	45
6	11	0.801	0.216	19	17	13	30



کاهش ناگهانی سطح مقطع :

در این آزمایش نیز همانند آزمایش قبل هدف از انجام آزمایش مقایسه افزایش ارتفاع در طول کاهش مقطع ناگهانی با

افزایش ارتفاع محاسبه شده با استفاده از فرض های :

- بدون افت ارتفاع

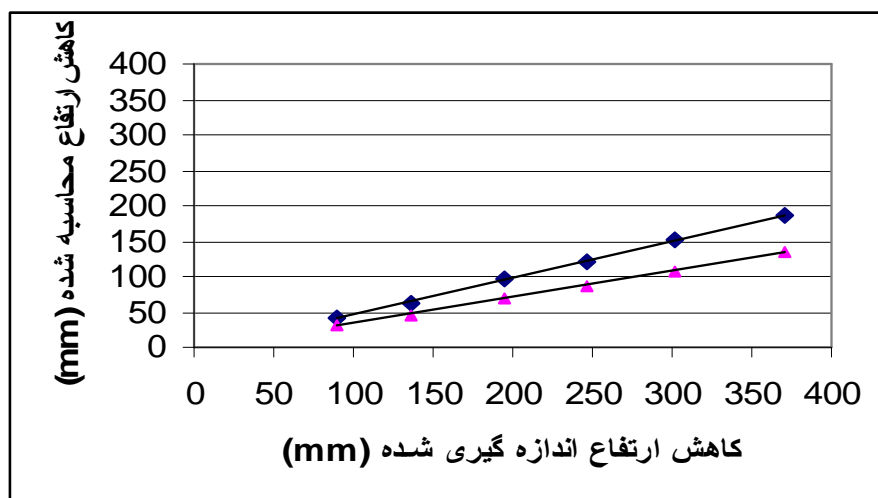
• با افت ارتفاعی معادل $h_L = K \cdot V^2 / 2g$

می باشد

با رسم نمودار های با در نظر گرفتن افتی معادل $h_L = K \cdot V^2 / 2g$ ، بدون در نظر گرفتن افت و نمودار افت تجربی بر حسب افت تجربی مشاهده می شود که اینبار نمودار افت تجربی دارای کمترین شیب می باشد و افت در نظر گرفته تغریب مناسبی از افت واقعی را به ما می دهد.

A_2/A_1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0
K	0.5	0.46	0.41	0.36	0.30	0.18	0.06	0

Test No	افت اندازه گیری شده $(h_L \times 10^3)$ متر	$V_2 (m/s)$	کاهش ارتفاع اندازه گیری شده $(\Delta y \times 10^3)$ متر	کاهش ارتفاع محاسبه شده $(h_L \times 10^3)$ متر توسط رابطه *	کاهش ارتفاع محاسبه شده با افت $(\Delta y \times 10^3)$ متر	کاهش ارتفاع محاسبه شده بدون افت $(\Delta y \times 10^3)$ متر
1	237	1.978	370	54	187	133
2	194	1.514	302	44	152	108
3	160	1.36	247	35	122	87
4	125	1.208	194	28	97	69
5	91	0.979	136	18	63	45
6	60	0.801	90	12	42	30



افت در خم ها و زانویی ها :

در این آزمایش هدف اندازه گیری ضریب افت زانویی هاست. افت خوانده شده پیزومتر تو سر زانویی نشانگر افت زانویی و افت اصطکاکی طولی لوله است که برای پیدا کردن افت اصطکاکی از رابطه ای که در لوله صاف بدست آورده بودیم یعنی $h_L = 211749Q^{1.6362}$ استفاده می کنیم و با کم کردن افت اصطکاکی از افت کل، افت زانویی بدست می آید. و از رابطه $h = K.V^2/2g$ می توان ضریب افت زانویی را بدست آورد. سپس نمودار ضریب افت را نسبت به دبی رسم می کنیم.

$$K_B = 1 - \left(\frac{\pi r}{2L}\right)$$

زانوها - آبی تیره

Test Number	$V = \frac{Q}{A} \left(\frac{m}{s}\right)$	$h_i \times 10^3$	$h_i \times 10^3$		$h_B \times 10^3$ ($h_i - h_f$)		K_L		K_B	
			زانوی استاندارد	زانوی تیز	زانوی استاندارد	زانوی تیز	زانوی استاندارد	زانوی تیز	زانوی استاندارد	زانوی تیز
1	1.56	232	365	394	133	162	2.94	3.18	1.07	1.31
2	1.48	204	316	346	112	142	2.83	3.10	1.00	1.27
3	1.37	181	276	303	95	122	2.88	3.17	0.99	1.27
4	1.23	147	181	248	34	101	2.35	3.21	0.44	1.31
5	1.11	123	186	204	63	81	2.96	3.25	1.00	1.29
6	0.9	88	131	143	43	5	3.17	3.46	1.04	0.12
7	0.7	56	85	97	29	41	3.40	3.88	1.16	1.64
8	0.44	31	38	42	7	11	3.85	4.25	0.71	1.11
9	0.12	3	9	7	6	4	12.26	9.53	8.17	5.45

خم ها - آبی روشن

Test Number	$Q(m^3/s) \times 10^{-4}$	$V = \frac{Q}{A} \left(\frac{m}{s}\right)$	خم 50			خم 100			خم 150		
			$h_i \times 10^3$	K_L	K_B	$h_i \times 10^3$	K_L	K_B	$h_i \times 10^3$	K_L	K_B
1	2.44	1.68	287	2.00	0.914	345	2.40	0.828	272	1.89	0.742
2	2.2	1.51	236	2.02	0.914	279	2.39	0.828	227	1.94	0.742
3	1.98	1.36	198	2.09	0.914	238	2.51	0.828	183	1.93	0.742
4	1.755	1.21	157	2.11	0.914	187	2.51	0.828	151	2.03	0.742
5	1.422	0.98	116	2.38	0.914	135	2.76	0.828	110	2.25	0.742
6	1.163	0.80	77	2.36	0.914	90	2.76	0.828	74	2.27	0.742
7	7.35	5.06	35	0.03	0.914	38	0.03	0.828	33	0.03	0.742

Test No	خم 50		خم 100		خم 150		زانوی استاندارد		زانوی تیز	
	KL	KB	KL	KB	KL	KB	KL	KB	KL	KB
1	2.00	0.17	2.40	0.74	1.89	0.41	2.94	1.07	3.18	1.31
2	2.02	0.20	2.39	0.74	1.94	0.47	2.83	1.00	3.10	1.27
3	2.09	0.27	2.51	0.87	1.93	0.46	2.88	0.99	3.17	1.27
4	2.11	0.28	2.51	0.85	2.03	0.54	2.35	0.44	3.21	1.31
5	2.38	0.54	2.76	1.1	2.25	0.76	2.96	1.00	3.25	1.29
6	2.36	0.53	2.76	1.1	2.27	0.78	3.17	1.04	3.46	0.12
7		0.85		1.25		1.04	3.40	1.16	3.88	1.64
8							3.85	0.71	4.25	1.11
Average(K)	1.62	0.41	1.92	0.95	1.54	0.64	3.05	0.93	3.44	1.17

افت در شیر فلکه ها :

هدف از این آزمایش بدست آوردن رابطه ای میان ضریب افت و آهنگ جریان حجمی برای شیر بشقابی و شیر کشویی است.

و طبق رابطه $h_L = KV^2/2g$ مقدار K را بدست می آوریم و نمودار آن را بر حسب دبی حجمی عبوری رسم می کنیم.

Test No	Globe valve			Gate valve		
	$Q(m^3/s) \times 10^4$	درصد باز بودن	K	$Q(m^3/s) \times 10^4$	درصد باز بودن	K
1	2.44	100%	32.60	2.262	100%	1.10
2	2.2	90%	32.64	2.154	95%	6.82
3	1.98	81%	34.32	1.993	88%	13.50
4	1.755	72%	34.07	1.781	79%	25.92
5	1.422	58%	37.49	1.0619	47%	40.48
6	1.163	48%	37.51	1.308	58%	79.60
7				1.02	45%	160.58
8				0.6235	28%	440.86
9				0.1753	8%	6964.44

