

آزمایش دوم : وسایل اندازه گیری شدت جریان

مقدمه :

در بررسی جریان ها همیشه مطالعه شدت جریان سیال به دلیل وابستگی آن به عواملی مانند انرژی جریان اهمیت زیادی دارد و تاثیر عوامل مختلف بر شدت جریان سیال که وابسته به فاکتورهای مختلفی است، در نظر گرفته می شود. لزجت سیال، دبی و مشخصات هندسی مقطع جریان از عوامل مهم موثر بر شدت جریان می باشند که از عوامل شناسایی دستگاه اندازه گیری شدت جریان نیز می باشند.

هدف از این آزمایش بدست آوردن ضریب تخلیه و نتوری، اورفیس و مندرج نمودن رتامتر و همچنین کاربرد معادله انرژی (معادله برنولی) در جریان یکنواخت می باشد. افت انرژی مربوط به هریک از قسمتها تعیین شده و با یکدیگر مقایسه می شوند. علاوه بر اندازه گیری شدت جریان توسط وسایل فوق، میزان تخلیه میز هیدرولیکی اندازه گیری می گردد و با هم مقایسه می گردند. تغییرات ضریب افت انرژی بر حسب شدت جریان مختلف محاسبه و با یکدیگر مقایسه می گردند.

دستگاه مورد استفاده در این آزمایش از سه قسمت و نتوری، اورفیس و رتامتر تشکیل شده است که با هریک از قسمتها می توان به تنهایی شدت جریان را اندازه گیری نمود.

اصول نظری: دانیل برنولی با بکاربردن اصل بقای انرژی در حرکت سیالات غیر قابل تراکم به معادله زیر

رسید:

$$P_1/(\rho g) + V_A^2/(2g) + Z_1 = P_2/(\rho g) + V_B^2/(2g) + Z_2 + \Delta H_{1,2}$$

$P/(\rho g)$: انرژی هیدرو استاتیکی سیال.

$V^2/(2g)$: انرژی جنبشی سیال.

Z : انرژی پتانسیل سیال.

$P/(\rho g) + V^2/(2g) + Z$: انرژی کلی سیال.

$\Delta H_{1,2}$: افت در انرژی کلی بین مقاطع 1 و 2.

با توجه به معادله برنولی برای هریک از وسایل و نتوری، اورفیس و رتامتر رابطه ای خاص می توان بدست آورد.

و نتوری: که از اتصال دو مخروط ناقص که توسط لوله های استوانه ای به سایر قسمتهای دستگاه متصل شده

اند و قطر لوله ورودی و خروجی و نتوری در این آزمایش 26 میلیمتر و قطر آن در گلوگاه 16 میلیمتر می باشد. و سه فشارسنج یکی در بخش ورودی، (A) یکی در محل خروجی (C) و دیگری در گلوگاه دستگاه (B) تعبیه شده اند.

با توجه به اینکه افت انرژی ΔH_{1-2} در دو انتهای و نتوری ناچیز است می توان از آن صرف نظر کرد. لذا کاربرد معادله 1 برنولی بین انشعاب A و B بصورت زیر نتیجه می دهد:

$$P_1/(\rho g) + V_A^2/(2g) = P_2/(\rho g) + V_B^2/(2g)$$

A : سطح مقطع

V : سرعت متوسط.

و چون طبق رابطه پیوستگی داریم:

$$m_A = m_B \rightarrow \rho V_A A_A = \rho V_B A_B$$

با حذف V_A در معادله برنولی خواهیم داشت:

$$V_B = [2g / [1 - (A_B/A_A)^2] (P_A/\rho g - P_B/\rho g)]^{1/2}$$

لذا میزان تخلیه خواهد بود:

$$Q = A_B V_B = A_B [2g / [1 - (A_B/A_A)^2] (P_A/\rho g - P_B/\rho g)]^{1/2}$$

که در آن $P_A/\rho g$ و $P_B/\rho g$ به ترتیب ارتفاع آب در لوله های فشار سنج دستگاه می باشد. حال در یک وضعیت اختیاری با قرائت مانومترهای A و B و به کمک رابطه قبل میزان شدت جریان آب را بدست می آوریم. و سپس آن را با میزان اندازه گیری شده توسط تانک توزین در میز هیدرولیکی مقایسه می کنیم. چون رابطه قبل یک رابطه نظری است و میزان واقعی شدت جریان از میزان نتوری کمتر است می توانیم با افزودن ضریب تخلیه آن را اصلاح کنیم.

$$Q = C . A_B \sqrt{\frac{2g (h_A - h_B)}{1 - (A_B/A_A)}}$$

انبساط مخروطی : این وسیله در امتداد و نتوری متر قرار داشته و بخش ابتدایی آن به صورت قطر خروجی و نتوری و بخش دوم آن که به اوریفیس متصل می باشد به قطر 51 میلیمتر می باشد. دو فشارسنج C و D به ترتیب به ابتدا و انتهای آن متصل می باشند.

اوریفیس: این وسیله که در امتداد انبساط مخروط انبساط و هم قطر با خروجی آن نصب شده است شامل یک صفحه مدور می باشد که سوراخی به قطر 20 میلیمتر در مرکز آن تعبیه شده است. این وسیله به سبب شکل مشخصات هندسی معرفی شده در آن موجب ایجاد حرکت گردابی در جریان شده که به همین سبب افت فشار زیادی را موجب می شود. فشارسنج های E و F نیز در ابتدا و انتهای اوریفیس نصب شده اند.

با توجه به معادله برنولی بین نقاط E و F خواهیم دید که مقدار ΔH بسیار زیاد است و می توان دید که اثر افت انرژی اوریفیس باعث ایجاد اختلاف در مانومتر خواهد بود که با اختلاف ارتفاع در حالت بدون اوریفیس فرق دارد.

$$V_F^2/2g - V_E^2/g = (P_E/\rho g - P_F/\rho g) - \Delta H_{EF}$$

موثر است، لذا می توان تغییرات انرژی در معادله $(P_E/\rho g - P_F/\rho g)$ خود در اختلاف ارتفاع ΔH_{EF} چون افت انرژی فوق را بصورت زیر بیان نمود.

$$V_F^2/2g - V_E^2/g = K^2(P_E/\rho g - P_F/\rho g)$$

که در آن K ضریب تخلیه تخلیه است و برای این دستگاه 0/601 می باشد.

برای اندازه گیری شدت جریان توسط اوریفیس از فرمول زیر استفاده می شود.

$$Q = A_F V_F = K A_F \left[\frac{2g}{1 - (A_F/A_E)^2} \times (P_E/\rho g - P_F/\rho g) \right]^{1/2}$$

که در دستگاه فوق قطر E برابر با 5 میلی متر و قطر F برابر با 20 میلی متر است حال می توانیم تنها با اندازه گیری اختلاف ارتفاع مانومتر ها شدت جریان Q را اندازه گرفت یعنی:

$$Q = \text{Const.} \times (h_E - h_F)^{1/2}$$

زانویی قائم: برای اتصال اوریفیس به آخرین قسمت اصلی آن یعنی رتامتر که به صورت قائم قرار دارد از زانویی 90 درجه استفاده می نمایم که قطر ورودی آن 51 میلیمتر و قطر خروجی آن 21 میلیمتر می باشد و فشار سنج های G و H نیز به ترتیب در ورودی و خروجی زانویی تعبیه شده اند.

رتامتر: این بخش دستگاه از یک لوله شیشه ای استوانه ای عمودی با قطر متغیر تشکیل شده که درون آن وزنه ای فلزی به عنوان شاخص شناور می باشد. در رتامتر افت فشار تقریباً ثابت بوده و به شدت جریان وابسته نیست و می توان آن را به میزان ثابت و مشخصی در نظر گرفت. دو فشارسنج H و I نیز در دو سمت رتامتر قرار داده شده اند.

با فرض کردن یک حجم کنترل در رتامتر و نوشتن قانون برنولی برای آن و مساوی فرض کردن سطح مقطع اول و دوم در آن خواهیم داشت

$$(P_E/\rho g - P_F/\rho g) = H + h_H$$

حال اگر وزن مخروط شناور را W_F و وزن آب داخل حجم کنترل را W_W در نظر بگیریم و با نوشتن رابطه تعادل خواهیم داشت:

$$P_2 A_2 + W_F + W_W - P_1 A_2 = 0$$

که با حذف P_1 و P_2 بین معادلات خواهیم داشت:

$$h_H = \frac{W_F + W_W}{\rho g A_1} - H$$

چون تمام پارامترهای سمت راست ثابت هستند لذا افت انرژی هیچ ربطی به طول ℓ ندارد. و چون افت انرژی به سرعت آب در اطراف شناور بستگی دارد و افت انرژی ثابت است پس شدت جریان در محیط قاعده مخروط شناور باید ثابت باشد.

$$\left. \begin{aligned} Q &= A_F \cdot V \\ A_F &= \pi D_f \delta \\ \delta &= \ell * \theta \end{aligned} \right\} Q = (\pi D_f \theta V) \ell$$

پس شدت جریان در رتامتر نسبت مستقیم با ارتفاع مخروط شناور دارد. لذا برای هر رتامتری یک نمودار تقریباً خطی به عنوان مشخصه درجه بندی ترسیم می شود. که به کمک آن می توان شدت جریان را تعیین نمود. افت انرژی در هر قسمت را می توان مضرری از انرژی ورودی بیان کرد $h_L = KV_1^2/2g$ که در آن V_1 سرعت ورودی و K ضریب افت دستگاه است.

شرح آزمایش :

پس از روشن نمودن پمپ دستگاه میز هیدرولیکی ابتدا شیر ورودی جریان آب و شیر کنترل رتامتر را کاملاً باز می کنیم تا یک دبی ثابتی به دستگاه وارد شود و مشاهده می شود که آب در رتامتر و بخش های مختلف دستگاه جریان یافته و در لوله های اندازه گیری فشار نیز سطح آب بالا آمده و نوسان می کند. این نوسان اولیه با گذشت مدت زمان کمی کاهش یافته و سطح آب در فشارسنج ها به صورت تقریباً ثابتی باقی می ماند که می توان در این وضعیت ادعا کرد که جریان یکنواختی در دستگاه برقرار شده است. حال به آرامی شدت جریان را طوری تنظیم می کنیم که وزنه درون رتامتر که شاخص به حساب می آید بر روی عدد مورد نظر در شروع آزمایش قرار گیرد که در اولین برداشت این عدد معادل 19 بود. حال میز هیدرولیکی را در حالتی قرار می دهیم که آب به صورت

دایمی تخلیه گردد. با یکنواخت شدن جریان و در حالی که شاخص رتامترو روی اولین عدد قرار دارد ، مانومترهای موجود بر روی دستگاه را به ترتیب از A تا I قرائت می کنیم و سپس آب را کاملاً تخلیه کرده و دبی را اندازه گیری می نمایم .

جدول داده ها :

Test No	Manometric Levels (mm)									Rotameter (cm)	Water weight (KG)	Time {sec}
	A	B	C	D	E	F	G	H	I			
1	367	184	333	340	348	148	184	137	25	19	12	31.02
2	347	195	323	330	338	170	200	162	53	17	12	34.90
3	331	213	310	315	322	195	218	190	83	15	12	40.27
4	316	228	300	304	310	213	230	208	105	13	12	46.86
5	307	235	294	297	300	225	240	225	120	11	12	52.59
6	295	245	285	290	290	240	250	248	135	9	12	1.05.81
7	288	253	280	284	285	250	256	248	148	7	12	1.17.51
8	280	260	275	280	280	258	261	256	155	5	12	1.36.53
9	296	265	276	276	276	265	268	265	163	3	12	2.12.07

Test No	$Q(Kg/sec)$				$\Delta H / Inlet Kinematik Head$				
	Venturi (8)	Orifice (11)	Rotameter (12)	Tank Weight	Venturi (13)	Orifice (14)	Rotameter (15)	Diffusser	Elbow (17)
1	0.00048	0.00064	0.00046	0.00039	1.096	105.3	3.61	1.16	24.73
2	0.00044	0.00059	0.00043	0.00034	0.96	112	4.36	1.22	25.33
3	0.00039	0.00051	0.00037	0.0003	1.11	105.8	5.63	1.20	23.33
4	0.00033	0.00045	0.00037	0.00026	1.14	107.8	7.36	1.22	24.44
5	0.0003	0.00039	0.0003	0.00023	1.08	100	8.58	1.19	22.67
6	0.00025	0.00032	0.00026	0.00018	1.25	100	14.12	1.56	4
7	0.00021	0.00027	0.00022	0.00015	1.33	112.9	16.67	1.60	21.62
8	0.00017	0.00031	0.00018	0.00012	1.67	122.2	33.67	2.60	27.78
9	0.00016	0.00015	0.00015	0.00009		366.7	204	0.937	100

ونتوری :

$$C = \frac{Q_a}{Q_T}$$

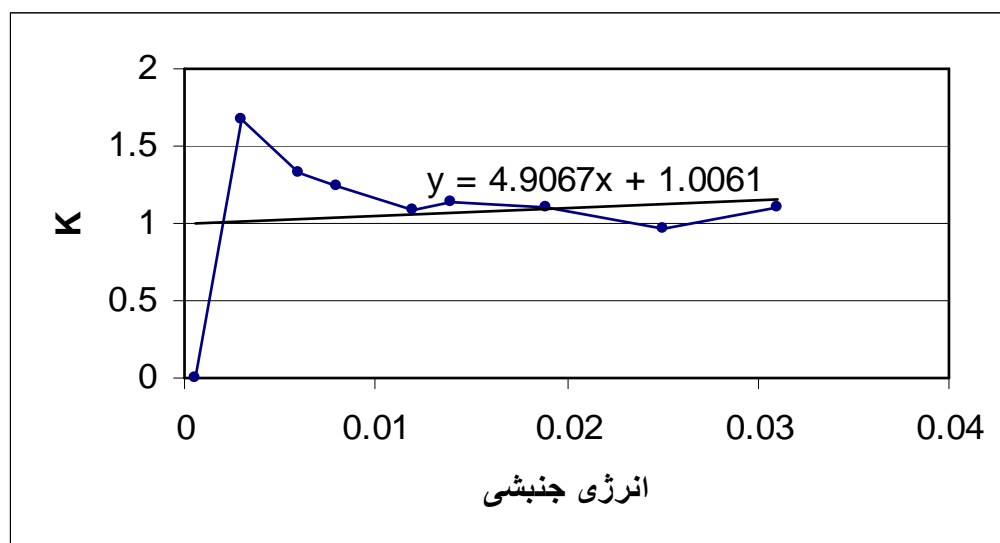
$$\frac{V_A^2}{2g} = 0.168 (h_A - h_B)$$

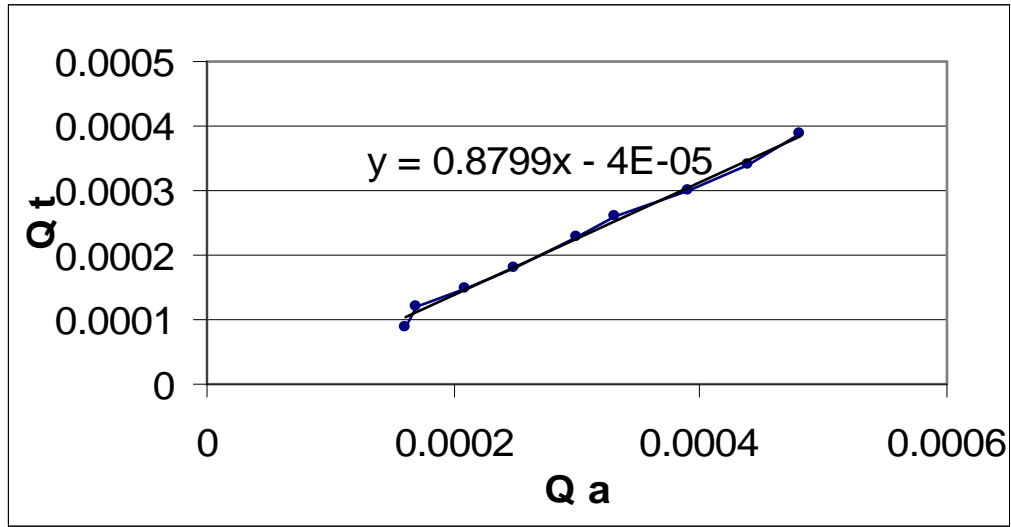
$$Q_a = \frac{0.012}{t}$$

$$Q_T = CA_B \sqrt{\frac{2g}{1 - \left(\frac{A_B}{A_A}\right)^2} \left(\frac{P_A}{\gamma} - \frac{P_B}{\gamma}\right)}$$

$$K = \frac{\Delta H_{AC}}{\frac{V_A^2}{2g}}$$

Test No	$Q_a (m^3/S)$	$Q_T (Kg/Sec)$	C	$\Delta H_{AB} (m)$	$\Delta H_{AC} (m)$	$\frac{V_A^2}{2g}$	K
1	0.00039	0.00048	0.81	0.183	0.034	0.031	1.096
2	0.00034	0.00044	0.77	0.152	0.024	0.025	0.96
3	0.0003	0.00039	0.77	0.118	0.021	0.019	1.11
4	0.00026	0.00033	0.79	0.088	0.016	0.014	1.14
5	0.00023	0.0003	0.77	0.072	0.013	0.012	1.08
6	0.00018	0.00025	0.72	0.05	0.01	0.008	1.25
7	0.00015	0.00021	0.71	0.035	0.008	0.006	1.33
8	0.00012	0.00017	0.71	0.02	0.005	0.003	1.67
9	0.00009	0.00016	0.56	0.0031	0.002	0.0005	





اوریفیس :

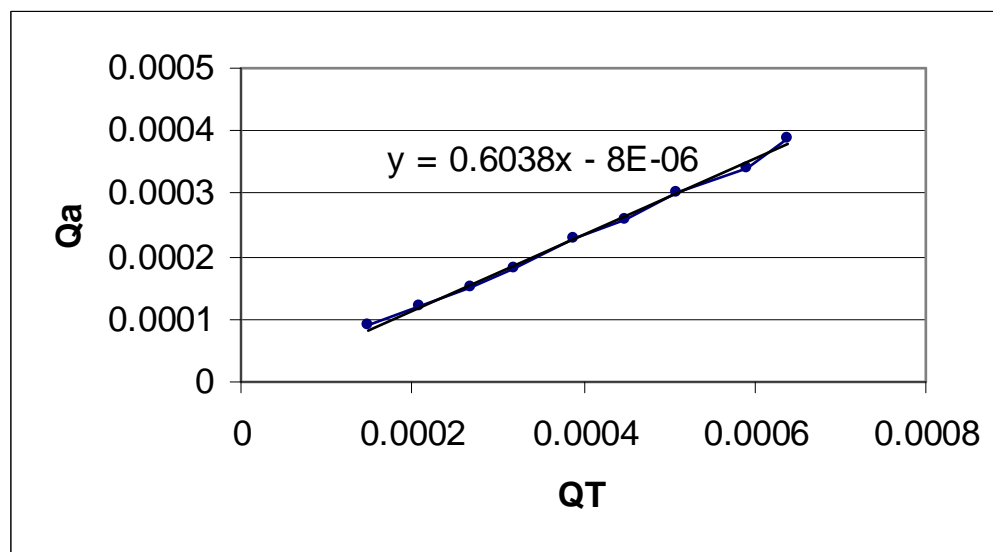
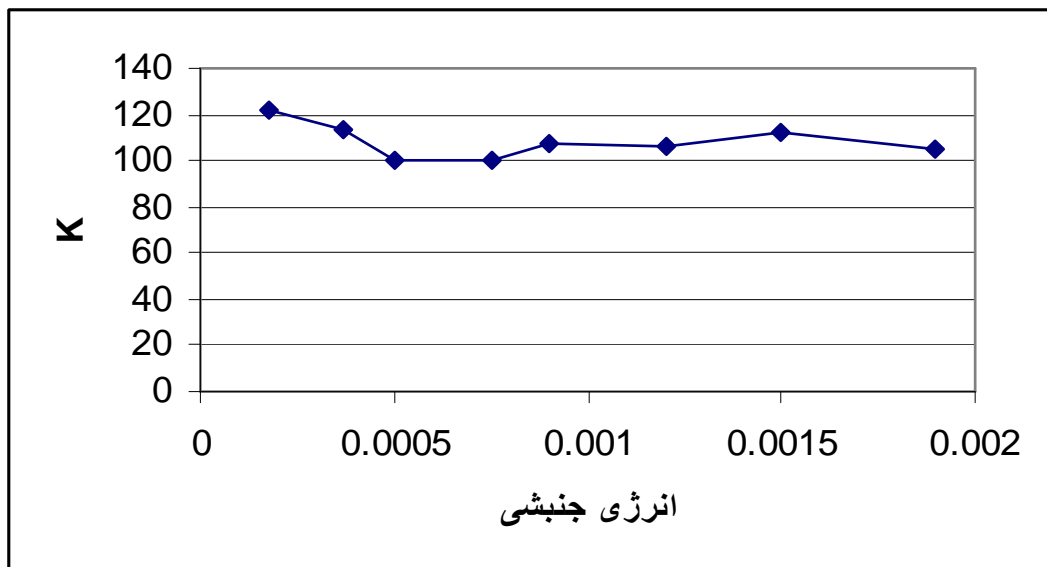
$$Q_T = A_F \sqrt{\frac{2g}{1 - \left(\frac{A_F}{A_E}\right)^2} \left(\frac{P_E}{\gamma} - \frac{P_F}{\gamma}\right)}$$

$$\frac{V_E^2}{2g} = 0.0625 \frac{V_A^2}{2g} = \frac{1}{16} \frac{V_A^2}{2g}$$

$$K = \frac{\Delta H_{EF}}{\frac{V_E^2}{2g}}$$

$$C = \frac{Q_a}{Q_T}$$

Test No	$Q_a (m^3/S)$	$Q_T (Kg/Sec)$	$\Delta H_{EF} (m)$	C	$\frac{V_E^2}{2g}$	K
1	0.00039	0.00064	0.2	0.61	0.0019	105.3
2	0.00034	0.00059	0.168	0.58	0.0015	112
3	0.0003	0.00051	0.127	0.59	0.0012	105.8
4	0.00026	0.00045	0.097	0.58	0.0009	107.8
5	0.00023	0.00039	0.075	0.60	0.00075	100
6	0.00018	0.00032	0.05	0.50	0.0005	100
7	0.00015	0.00027	0.035	0.55	0.00037	112.9
8	0.00012	0.00031	0.022	0.57	0.00018	122.2
9	0.00009	0.00015	0.011	0.60	0.00003	366.7

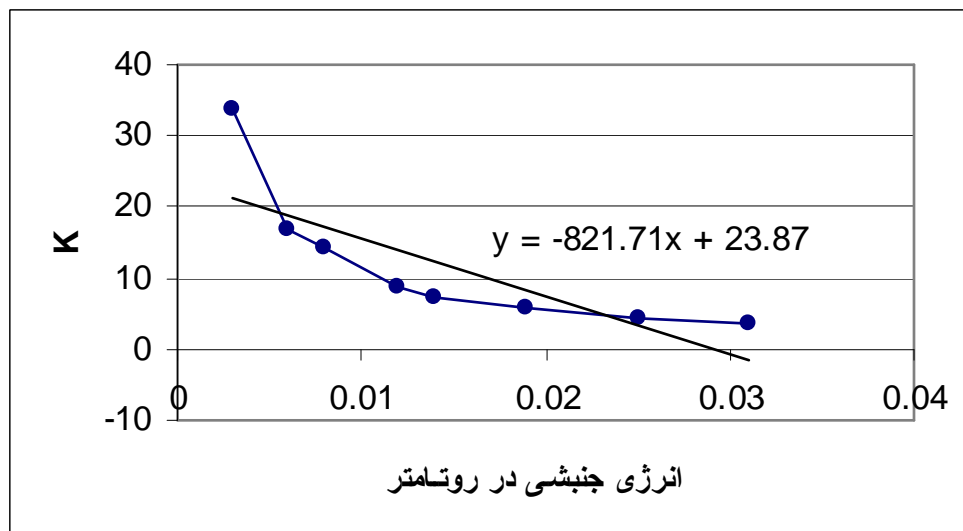


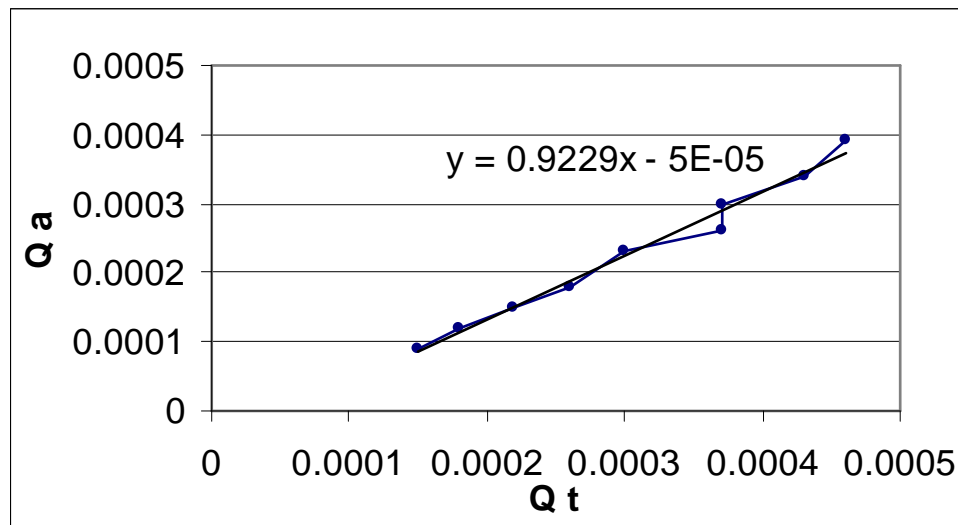
روتامتر:

$$\frac{V_H^2}{2g} = \frac{V_A^2}{2g} = 0.168(h_A - h_B)$$

$$K = \frac{\Delta H_{HI}}{\frac{V_H^2}{2g}}$$

Test No	$Q_a (m^3/s)$	$Q_T (Kg/Sec)$	$\Delta H_{HI} (m)$	$\frac{V_H^2}{2g}$	K
1	0.00039	0.00046	0.112	0.031	3.61
2	0.00034	0.00043	0.109	0.025	4.36
3	0.0003	0.00037	0.107	0.019	5.63
4	0.00026	0.00037	0.103	0.014	7.36
5	0.00023	0.0003	0.103	0.012	8.58
6	0.00018	0.00026	0.113	0.008	14.12
7	0.00015	0.00022	0.1	0.006	16.67
8	0.00012	0.00022	0.101	0.003	33.67
9	0.00009	0.00015	0.102	0.0005	204





افت انرژی در زانوی 90 درجه :

$$\frac{V_G^2}{2g} = \frac{1}{16} \frac{V_A^2}{2g} = 0.0625 \frac{V_A^2}{2g}$$

$$K = \frac{h_L}{\frac{V_G^2}{2g}} = \frac{X + \frac{V_G^2}{2g} \left[1 - \left(\frac{D_G}{DH} \right)^2 \right]}{\frac{V_G^2}{2g}} = \frac{(h_G - h_H) + \frac{V_G^2}{2g} \times (-2.85)}{\frac{V_G^2}{2g}} = \frac{(h_G - h_H)}{\frac{V_G^2}{2g}} - 2.85$$

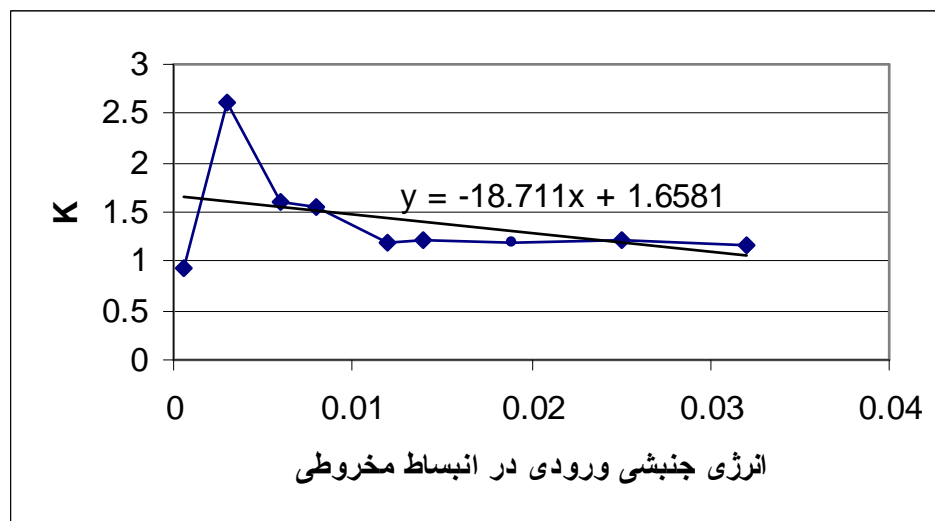
Test No	X (m)	$\Delta H_{GH} (m)$	$\frac{V_G^2}{2g}$	K
1	0.047		0.0019	24.73
2	0.038		0.0015	25.33
3	0.028		0.0012	23.33
4	0.022		0.0009	24.44
5	0.017		0.00075	22.67
6	0.002		0.0005	4
7	0.008		0.00037	21.62
8	0.005		0.00018	27.78
9	0.003		0.00003	100

افت انرژی در انبساط مخروطی :

$$\frac{V_C^2}{2g} = \frac{V_A^2}{2g} = 0.168(h_A - h_B)$$

$$K = \frac{(h_c - h_D)}{\frac{V_C^2}{2g}} + \frac{15}{16}$$

Test No	X (m)	$\Delta H_{CD} (m)$	$\frac{V_C^2}{2g}$	K
1	0.007	0.036	0.031	1.16
2	0.007	0.030	0.025	1.22
3	0.005	0.022	0.019	1.20
4	0.004	0.017	0.014	1.22
5	0.003	0.014	0.012	1.19
6	0.005	0.012	0.008	1.56
7	0.004	0.010	0.006	1.60
8	0.005	0.008	0.003	2.60
9	0	0.0004	0.0005	0.937



محاسبه درصد بهبود فشار :

$$R \text{ درصد بهبود فشار در دهانه مدور} = \frac{h_E - h_G}{h_E - h_F} \times 100$$

$Q_a (m^3/s)$	R %
---------------	-----

0.00039	82 %
0.00034	82.1 %
0.0003	81.9 %
0.00026	82.4 %
0.00023	80 %
0.00018	80 %
0.00015	82.9 %
0.00012	86.4 %
0.00009	72.7 %

