ميكانيك الموائع

منشورات جامعة البعث
كلية الهندسة الكيميائية والبترولية

ميكانيك الموائع

الجزء العملي

تأليف:

الدكتور المهندس:
جان سعد
مدرس في قسم الهندسة البترولية

الدكتور المهندس:
ماهر سعادة
أستاذ في قسم الهندسة البترولية

مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية
للعام الجامعي 2008-2009

الفهرس

مقدمة..... 9

الفصل الأول- **حسابات الجمل والواحدات**.

1.1. مدخل. 11

1.2. معادلة المقاس. 12

1.3. أهم الجمل المستخدمة 13

1.4. الواحدات المشتقة من الواحدات الأساسية..... 15

تمارين. 20

الفصل الثاني- **تحديد الخواص الأساسية للموائع**.

2.1. الكثافة..... 23

2.2. الكثافة النسبية لجسم. 24

2.3. معادلات الحالة..... 26

2.4. قابلية الانضغاط..... 29

2.5. الضغط البخاري للسوائل..... 30

2.6. الخاصة الشعرية - التوتر السطحي..... 30

2.7. اللزوجة..... 31

تمارين..... 36

الفصل الثالث- **توازن الموائع القابلة وغير القابلة للانضغاط**.

3.1. توازن سائل يخضع لقوة الثقالة فقط..... 39

3.1.1. حالة سائل متجانس..... 39

3.1.2. حالة سائل غير متجانس..... 41

3.2. التعبير عن الضغط بعمود من المائع. 43
3.3. الضغط المطلق والضغط المقاس..... 43
3.3.1- قياس الضغط..... 49
3.4. التوازن النسبي للسوائل..... 56
3.5. حساب قوى الضغط المؤثرة على حدود سائل ساكن..... 63
تمارين. 88

الفصل الرابع- **قوة الرفع الهيدروستاتيكية (دافعة أرخميدس)**.

تمارين. 118

الفصل الخامس- **تطبيقات معادلة برنولي**.

5.1. مقياس فينتوري لتحديد تدفق السائل.... 130
5.2. جريان سائل من فتحة جانبية لخزان..... 132
5.2.1. الجريان تحت تأثير الثقالة..... 132
5.2.2. الجريان تحت تأثير ضغط زائد. 138
تمارين..... 142

الفصل السادس- **حركية الغازات (الجريان أحادي البعد)**.

6.1. الجريان متساوي الإنتروبية في منطقة متغيرة المقطع..... 156
6.1.1. القوانين الأساسية في الجريان متساوي الإنتروبية. 156
6.1.2. الجريانات الأقل وتلك التي تفوق سرعة الصوت الأحادية البعد..... 158
6.2. الجريان الإيزنتروبي للغاز المثالي..... 160
6.3. الجريان الحقيقي عبر المنفث عند شروط التصميم. 162
6.4. علاقات الصدمة الطبيعية.... 163
تمارين. 165

الفصل السابع- **ضياع الضغط بالاحتكاك.**

7.1. أنظمة الجريان 169

7.2. ضياع الضغط بالاحتكاك. 170

7.2.1. ضياع الضغط بالاحتكاك عند الجريان الصفحي المستقر. 170

7.2.2. ضياع الضغط بالاحتكاك عند الجريان المضطرب..... 172

7.2.3. معامل التصريف. 178

7.3. ضياع الضغط المحلي. 180

7.4. الضياع الكلي للضغط. 180

7.5. الأنابيب القصيرة 181

7.6. الأنابيب الطويلة..... 186

تمارين..... 190

الفصل الثامن- **حسابات المضخات.**

تمارين. 203

الملحق. 205

المصطلحات العلمية المستخدمة. 231

المراجع العلمية. 245

المقدمة

يعتبر ميكانيك الموائع أحد الركائز الأساسية المستخدمة في حل معظم المسائل التكنيكية المختلفة، وتكتسب التطبيقات العملية لهذا العلم أهمية كبيرة في مجال الهندسة الهيدروليكية وخاصة في تصميم الآلات الهيدروليكية وفي مجال نقل الموائع وتخزينها.

يأتي الكتاب في ثمانية فصول ويقدم التطبيقات العملية لجميع المواضيع المطروحة في الجزء النظري، حيث يتناول الفصل الأول حسابات الجمل والواحدات ويستعرض الفصل الثاني طرق تحديد الخواص الأساسية للموائع، مع اعتبار أن كلمة مائع تشمل الحالة السائلة والغازية.أما الفصلان الثالث والرابع فيتناولان طرق معالجة مسائل سكون السوائل أما الفصل الخامس فيبحث في حل مسائل الجريانات، في حين يتطرق الفصل السادس إلى حل مسائل الجريان الأحادي البعد. يعالج الفصل السابع موضوع جريانات السوائل غير النيوتونية عبر الأنابيب بشيء من التفصيل بغية إلقاء الضوء على طرق دراسة سلوكية هذه السوائل وحساباتها الهيدروليكية. ويأتي الفصل الثامن ليقدم طرق حسابات المضخات. وقد زوّد الكتاب بملحق يحتوي على أهم الجداول والبيانات اللازمة لمعالجة مسائل سكون وتحريك الموائع.

ولأن الهدف من وضع هذا الكتاب هو تجسيد المعلومات الهيدروليكية النظرية في إطار عملي يساعد في فهم المواضيع المطروحة في الكتاب النظري تفهماً عميقاً، فقد روعي عند وضع المسائل الملائمة لكل بحث استعراض

بعض الأمثلة التطبيقية كي يهتدي الطالب بموجبها إلى الأسس الصحيحة عند الحل.

يحتوي الكتاب على مجموعة كبيرة من المسائل غير المحلولة التي تتناول جميع الاحتمالات الممكنة في تطبيق المفاهيم الهيدروليكية المختلفة.

ومع أن الكتاب يخص بالدرجة الأولى طلاب الهندسة البترولية فإنه يمكن لجميع الدارسين والمهتمين في مجال ميكانيك الموائع الاستفادة من هذا الكتاب.

د.م. جان سعد　　د.م. ماهر سعادة

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

ميكانيك الموائع ـــــــ

	in^3	ft^3	$yards^3$	$Liters$	m^3	$gallon(U.S.)$	$gallon(U.K.)$	$Barrels$
in^3	1	$5,79\times10^{-4}$	$2,143\times10^{-5}$	0,0164	$1,64\times10^{-5}$	$4,329\times10^{-3}$	$3,605\times10^{-3}$	$1,031\times10^{-4}$
ft^3	1728	1	0,037	28,317	0,0283	7,480	6,229	0,1781
$yards^3$	46656	27	1	764,555	0,7645	201,974	168,178	4,8089
$Liters$	61,024	0,035	$1,308\times10^{-3}$	1	0,001	0,2642	0,22	$6,2898\times10^{-3}$
m^3	61023,74	35,315	1,308	1000	1	264,2	219,97	6,289810
$gallon(U.S.)$	231,0	0,134	$4,951\times10^{-3}$	3,785	0,00378	1	0,833	$2,3809\times10^{-2}$
$gallon(U.K.)$	277,42	0,161	$5,946\times10^{-3}$	4,546	0,004546	1,2009	1	0,0285941
$Barrels$	9702,0	5,612	0,208	158,987	0,158987	42	34,972	1

الجدول (1)، **معاملات تحويل الحجم**.

	Kg_f/cm^2	KPa	lb_f/in^2	$mm\,Hg$ $(0\ ^\circ C)$	$in.Hg$ $(32\ ^\circ F)$	$in.Water$ $(39{,}2\ ^\circ F)$	$atmospheres$ $(Standard)$	$mbar$
Kg_f/cm^2	1	98,0665	14,223	735,561	28,959	393,712	0,9678	980,665
KPa	0,010197	1	0,14504	7,501	0,2953	4,015	0,00987	10
lb_f/in^2	0,070307	6,89476	1	51,7151	2,036	27,681	0,06805	68,95
$mm\,Hg\,(0\ ^\circ C)$	0,00136	0,1333	0,01934	1	0,03937	0,535	0,001316	1,333
$in.Hg\,(32\ ^\circ F)$	0,03453	3,3864	0,4912	25,4	1	13,595	0,0334	33,864
$in.Water\,(39{,}2\ ^\circ F)$	0,00254	0,2491	0,03613	1,8683	0,07355	1	0,00246	2,491
$atmospheres$ $(Standard)$	1,03323	101,325	14,6959	760,0	29,9213	406,794	1	1013,25
$mbar$	0,00102	0,1	0,014504	0,750	0,02953	0,4015	$9{,}869\times10^{-4}$	1

الجدول (2)، **معاملات تحويل الضغط**.

$psia$	$in.Hg$ $(32\ ^{\circ}F)$	$mm\,Hg$ $(0\ ^{\circ}C)$	KPa
1	2,03603	51,7151	6,8948
0,491153	1	25,400	3,38638
0,019337	0,3937	1	0,1333
0,14504	0,2953	7,5006	1
13,9	28,3008	718,8399	95,83772
14,65	29,82784	757,62621	101,00882
14,696	29,9215	760,0051	101,32598
14,6959	29,9213	760,00	101,3250
14,7	29,9296	760,21197	101,3536
14,73	29,9907	761,7634	101,5604
14,73456	30,00	761,999	101,5918
14,9	30,3368	770,55499	102,73252
15,025	30,59135	777,01937	103,5944
16,4	33,39632	848,12764	113,0747

الجدول (3)،**الضغوط المكافئة**.

درجة الحرارة $[C^\circ]$	الكثافة ρ $[Kg/m^3]$	اللزوجة التحريكية η $[Pa\cdot s]\times10^{-3}$	اللزوجة الحركية υ $[m^2/s]\times10^{-6}$	التوتر السطحي σ $[N/m]\times10^{-2}$	الضغط البخاري $[Pa]$	معامل المرونة الحجمي E_f $[Pa]\times10^{7}$
0	999,9	1,792	1,792	7,62	588	204
5	1000,0	1,519	1,519	7,54	882	206
10	999,7	1,308	1,308	7,48	1176	211
15	999,1	1,140	1,141	7,41	1666	214
20	998,2	1,005	1,007	7,36	2447	220
30	995,7	0,801	0,804	7,18	4297	223
40	992,2	0,656	0,661	7,01	7400	227
50	988,1	0,549	0,556	6,82	12220	230
60	983,2	0,469	0,477	6,68	19600	228
70	977,8	0,406	0,415	6,50	30700	225
80	971,8	0,357	0,367	6,30	46400	221
90	965,3	0,317	0,328	6,12	68200	216
100	958,4	0,284	0,296	5,94	97500	207

الجدول (4)، **الخواص الفيزيائية للماء في الجملة الدولية** (*S.I. Units*).

درجة الحرارة $[F^\circ]$	الكثافة ρ $[slugs/ft^3]$	اللزوجة التحريكية η $[lb_f \cdot s/ft^3]\times10^{-5}$	اللزوجة الحركية υ $[ft^2/s]\times10^{-5}$	التوتر السطحي σ $[lb_f/ft]\times10^{-2}$	الضغط البخاري $[lb_f/ft^2]$	معامل المرونة الحجمي E_f $[lb_f/in^2]\times10^3$
32	1,940	3,746	1,931	0,518	12,5	293
40	1,940	3,229	1,664	0,514	17,5	294
50	1,940	2,735	1,410	0,509	25,6	305
60	1,938	2,359	1,217	0,504	36,9	311
70	1,936	2,050	1,059	0,500	52,3	320
80	1,934	1,799	0,930	0,492	72,8	322
90	1,931	1,595	0,826	0,486	100	323
100	1,927	1,424	0,739	0,480	135	327
120	1,918	1,168	0,609	0,465	241	333
140	1,908	0,981	0,514	0,454	409	330
160	1,896	0,838	0,442	0,441	668	326
180	1,883	0,726	0,385	0,426	1050	313
200	1,868	0,637	0,341	0,412	1599	308
212	1,860	0,593	0,319	0,404	2028	300

الجدول (5)، **الخواص الفيزيائية للماء في الجملة البريطانية** (*English Units*).

الغاز	الرمز الكيميائي	الوزن الجزيئي	الكثافة ρ $[Kg/m^3]$	اللزوجة η $[Pa\cdot s]\times10^{-5}$	ثابت الغاز R $[J/Kg\cdot K]$	الحرارة النوعية $[J/Kg\cdot K]$		الأس الأديباتي $k=\frac{c_p}{c_v}$
						c_p	c_v	
هواء	-	29	1,205	1,80	287	1003	716	1,4
ثنائي أوكسيد الكربون	CO_2	44	1,84	1,48	188	858	670	1,28
أول أوكسيد الكربون	CO	28	1,16	1,82	297	1040	743	1،4
هيليوم	He	4	0,166	1,97	2077	5220	3143	1,66
هيدروجين	H_2	2,02	0,0839	0,90	4120	14450	10330	1,4
ميتان	CH_4	16	0,668	1,34	520	2250	1730	1,3
نتروجين	N_2	28	1,16	1,76	297	1040	743	1,4
أوكسجين	O_2	32	1,33	2	260	909	649	1,4
بخار الماء	H_2O	18	0,747	1,01	462	1862	1400	1,33

الجدول (6)، **الخواص الفيزيائية للغازات الشائعة عند الضغط الجوي.**

السائل	درجة الحرارة $[C^\circ]$	الكثافة ρ $[Kg/m^3]$	الكثافة النسبية	اللزوجة التحريكية η $[Pa\cdot s]\times10^{-4}$	التوتر السطحي σ $[N/m]$	الضغط البخاري $[KN/m^2]$	معامل المرونة الحجمي E_f $[KN/m^2]\times10^6$
بنزين	20	895	0,9	6,5	0,029	10,0	1030
ثالث كلور الكربون	20	1588	1,59	9,7	0,026	12,1	1100
زيت خام	20	856	0,86	72	0,03	-	-
وقود البنزين	20	678	0,68	2,9	-	5,5	-
غليسيرين	20	1258	1,26	14900	0,063	0,000014	4350
كيروسين	20	808	0,81	19,2	0,025	3,20	-
زئبق	20	13550	13,56	15,6	0,51	0,00017	26200
هيدروجين	-257	72	0,072	0,21	0,003	21,4	-
أوكسجين	-195	1206	1,21	2,8	0,015	21,4	-
زيت (SAE 10)	20	918	0,92	820	-	-	-
زيت (SAE 30)	20	918	0,92	4400	-	-	-

الجدول (7)، **الخواص الفيزيائية للسوائل الشائعة عند الضغط الجوي.**

الارتفاع عن سطح البحر $[Km]$	درجة الحرارة $[C^\circ]$	الضغط المطلق $[KPa]$	الوزن النوعي γ $[KN/m^3]$	الكثافة ρ $[Kg/m^3]$	اللزوجة η $[Pa\cdot s]\times10^{-5}$
0	15	101,33	12,01	1,225	1,79
2	2	79,50	4,86	1,007	1,73
4	-4,5	60,12	8,02	0,909	1,66
6	-24	47,22	6,46	0,660	1,60
8	-36,9	35,65	5,14	0,526	1,53
10	-49,9	26,50	4,04	0,414	1,46
12	-56,5	19,40	3,05	0,312	1,42
14	-56,5	14,20	2,22	0,228	1,42
16	-56,6	10,35	1,62	0,166	1,42
18	-56,5	7,57	1,19	0,122	1,42
20	-56,5	5,53	0,87	0,089	1,42
25	-51,6	2,64	0,41	0,042	1,45
30	-40,2	1,20	0,18	0,018	1,51

الجدول (8)،**الضغط الجوي القياسي**.

الارتفاع	درجة الحرارة	الضغط		ρ/ρ_0^*	$c,[ft/s]$
$[ft]$	$[F^\circ]$	$[in(Hg)]$	$[lb_f / ft^2]$		
0	59,0	29,92	2116	1,000	1117
1000	55,4	28,86	2041	0,9711	1113
2000	51,9	27,82	1968	0,9428	1109
3000	48,3	26,82	1897	0,9151	1105
4000	44,7	25,84	1828	0,8881	1101
5000	41,2	24,90	1761	0,8617	1098
6000	37,6	23,98	1696	0,8359	1094
7000	34,0	23,09	1633	0,8106	1090
8000	30,5	22,22	1572	0,7860	1086
9000	26,9	21,39	1513	0,7620	1082
10000	23,3	20,58	1455	0,7385	1078
11000	19,8	19,79	1400	0,7156	1074
12000	16,2	19,03	1346	0,6932	1070
13000	12,6	18,29	1294	0,6713	1066
14000	9,1	17,58	1243	0,6500	1062
15000	5,5	16,89	1194	0,6292	1058
16000	1,9	16,22	1147	0,6090	1054
17000	-1,6	15,57	1101	0,5892	1050
18000	-5,2	14,94	1057	0,5699	1045
19000	-8,8	14,34	1014	0,5511	1041
20000	-12,3	13,75	972,5	0,5328	1037
21000	-15,9	13,18	932,4	0,5150	1033
22000	-19,5	12,64	893,7	0,4976	1029
23000	-23,0	12,11	856,3	0,4806	1025
24000	-26,6	11,60	820,2	0,4642	1021
25000	-30,2	11,10	785,3	0,4481	1016
26000	-33,7	10,63	751,6	0,4325	1012
27000	-37,3	10,17	719,1	0,4173	1008

يـتـبـع

الارتفاع	درجة الحرارة	الضغط		ρ/ρ_0^*	$c,[ft/s]$
$[ft]$	$[F^\circ]$	$[in(Hg)]$	$[lb_f/ft^2]$		
28000	-40,9	9,725	687,8	0,4025	1004
29000	-44,4	9,297	657,6	0,3881	999
30000	-48,0	8,885	628,4	0,3741	995
31000	-51,6	8,488	600,3	0,3605	991
32000	-55,1	8,106	573,3	0,3473	986
33000	-58,7	7,737	547,2	0,3345	982
34000	-62,2	7,382	522,1	0,3220	978
35000	-65,8	7,041	498,0	0,3099	973
36000	-67,6	6,702	474,8	0,2971	971
37000	-67,6	6,397	452,5	0,2844	971

حيث: $\rho_0^* = 0{,}002378\, Slug/ft^3$

الجدول (9)، **الضغط الجوي القياسي**.

درجة الحرارة		الكثافة	الوزن النوعي	اللزوجة التحريكية	اللزوجة الحركية
$[C^\circ]$	$[F^\circ]$	ρ $[Kg/m^3]$	γ $[KN/m^3]$	η $[Pa\cdot s]\times10^{-5}$	υ $[m^2/s]\times10^{-5}$
-40	-40	1,515	14,86	1,49	0,98
-20	-4	1,395	13,68	1,61	1,15
0	32	1,293	12,68	1,71	1,32
10	50	1,248	12,24	1,76	1,41
20	68	1,205	11,82	1,81	1,50
30	86	1,163	11,43	1,86	1,60
40	104	1,128	11,06	1,90	1,68
60	140	1,060	10,40	2,00	1,87
80	176	1,000	9,81	2,09	2,09
100	212	0,946	9,28	2,18	2,31
200	392	0,747	7,33	2,58	3,45

الجدول (10)، **الخواص الفيزيائية للهواء عند الضغط الجوي القياسي**.

مادة وشكل الأنبوبة	حالة الأنبوبة	$\overline{\Delta}$ بالميللميترات، حدود التغير والقيّم المتوسطة،
أنابيب مصنوعة من الزجاج والمعادن غير الحديدية،	جديدة وملساء،	$\frac{0-0,002}{0,004}$
أنابيب مصنوعة من الصلب بدون لحام،	جديدة ونظيفة،	$\frac{0,01-0,02}{0,014}$
	بعد استخدامها لعدة سنوات،	$\frac{0,15-0,3}{0,2}$
أنابيب مصنوعة من الصلب وملحومة،	جديدة ونظيفة،	$\frac{0,03-0,1}{0,05}$
	صدئة بعض الشيء،	$\frac{0,3-0,7}{0,5}$
	قديمة وصدئة،	$\frac{0,8-1,5}{1}$
	صدئة بشدة أو ذات ترسبات كبيرة،	$\frac{2-4}{3}$
أنابيب مصنوعة من الحديد الزهر	جديدة مغطاة بالإسفلت،	$\frac{0-0,16}{0,12}$
	جديدة بدون طلاء،	$\frac{0,2-0,5}{0,3}$
	مستعملة،	$\frac{0,5-1,5}{1}$
	قديمة جداً،	$To\ 3$
أنابيب مصنوعة من الاسبتوس والإسمنت	جديدة،	$\frac{0,5-0,1}{0,085}$

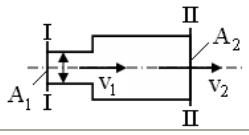
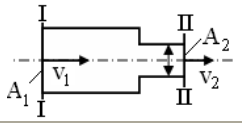
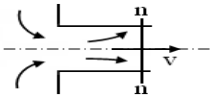
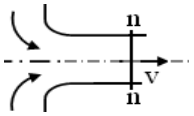
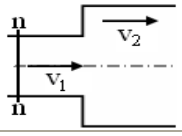
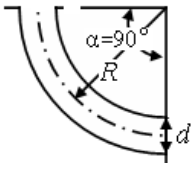
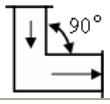
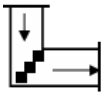
ويبين الجدول (11) **القيم العددية للخشونة المكافئة لبعض الأنابيب.**

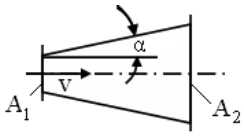
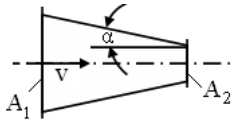
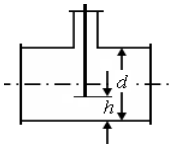
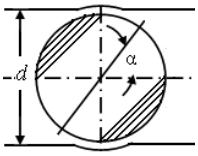
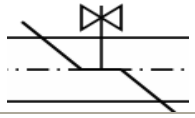
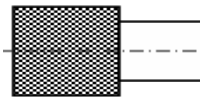
فطر الأنبوبة d $[m]$	K $[m^3/s]$	فطر الأنبوبة d $[m]$	K $[m^3/s]$
0,125	0,009416	0,275	0,6515
0,150	0,02225	0,300	1,065
0,175	0,05274	0,325	1,643
0,200	0,1078	0,350	2,452
0,225	0,2074	0,400	4,850
0,250	0,3871	-	-

الجدول (12)، **يبين بعض قيم معامل التصريف** (K) **لأنابيب الصلب القاسية**.

v $[m/s]$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
B	1,187	1,131	1,095	1,072	1,054	1,040
v $[m/s]$	0,8	0,9	1	1,1	1,2	-
B	1,03	1,02	1,015	1,01	1	-

الجدول (13)، **يبين بعض قيم معامل التصحيح** (B) **تبعاً للسرعة**.

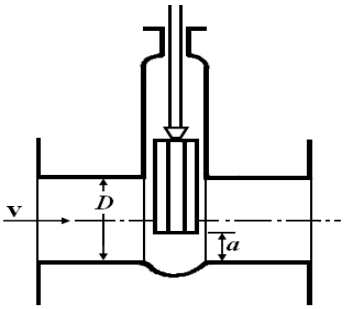
نوع المقاومة المحلية	الأجزاء المشكلة	معامل المقاومة المحلية
الاتساع المفاجئ للتدفق		$\xi = (\frac{A_2}{A_1} - 1)^2$
الاختناق الفجائي للتدفق		$\xi = 0,5 \cdot (\frac{A_2}{A_1} - 1)^2$
عند مدخل الأنبوبة أ- في حالة الحواف الحادة		$\xi = 0,5$
ب- في حالة الحواف المستديرة		أ- مدخل سلس $\xi = 0,2$ ب- مدخل أكثر سلالة $\xi = 0,05$
عند مخرج الأنبوبة في حوض ذي أبعاد كبيرة أو في نهر.		$\xi = 1,0$
كوع (باستدارة سلسلة وبزاوية دوران قدرها (90°)) وكذلك في الحالات الخاصة التالية:		للأنابيب صغيرة المقطع $\xi = \left[0,131 + 0,163 \cdot (d/R)^{3,5}\right]$
1- $R > 2d$.		$\xi = 0,5$
2- $R = (3 \div 7) \cdot d$.		$\xi = 0,3$
انحناء قائم.		$\xi = 1,1$
كوع قائم الزاوية بريش توجيه.		$\xi = 0,25 \div 0,40$ (حسب شكل الريش والمسافة بينها)

مخروط متباعد (ناش).		$\xi = Z \cdot (\frac{A_2}{A_1} - 1)^2$ عندما $\alpha = 2^\circ$, 4° , 6° فإن $Z = 0.12$, 0.14 , 0.23
مخروط متقارب (خانق).		عندما $7^\circ < \beta < 30^\circ$ فإن $\xi = 016 \div 0,24$ وعندما $35^\circ < \beta < 80^\circ$ فإن $\xi = 0,26 \div 0,35$
صمام منزلق في أنبوبة دائرية 1-مفتوح بالكامل		$\xi = 0,12$
2- مفتوح بمقدار $(h/d = 3/4)$		$\xi = 0,26$
3- مفتوح بمقدار $(h/d = 1/2)$		$\xi = 2,06$
صنبور مركب على أنبوبة دائرية عند فتحة متوسطة $(\alpha = 30^\circ)$.		$\xi = 5 \div 7$
محبس مفتوح نصف فتحة.		$\xi = 1 \div 3$
صمام سحب بشبكة (مصفاة) عند بداية مدخل الأنبوبة.		$\xi = 5 \div 10$

الجدول (14).

a/D	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,0
ξ	30,0	22,0	12,0	5,3	2,8	1,5	0,8	0,3	0,15

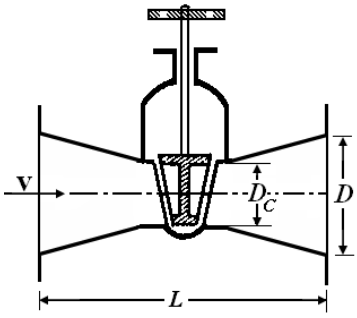
الجدول (15)، **حالة صمام لودلا على أنبوب دائري كما في الشكل** (1).



الشكل (1).

D, $[mm]$	300	300	250	250
D_C/D	0,67	0,67	0,8	0,75
L/D	2,5	1,68	1,5	1,33
ξ	0,3	0,36	0,16	0,19

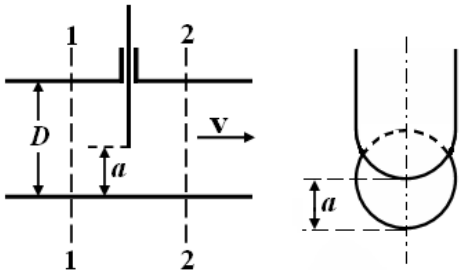
الجدول (16)، **حالة صمام مفتوح بشكل كامل** (**يحتوي على اختناق**) **كما في الشكل** (2).



الشكل (2).

a/D	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
ξ	-	35	10	4,6	2,06	0,98	0,44	0,17	0,06

الجدول (17)، **حالة صمام منزلق في أنبوبة دائرية كما هو مبين في الشكل** (3).



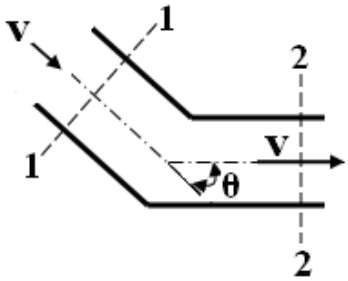
الشكل (3) .

يحسب معامل المقاومة المحلية في حالة الانحناء الشديد للأنبوب كما هو مبين في الشكل (4) من العلاقة التالية:

$$\xi = A \cdot B$$

حيث تؤخذ الثوابت (A) و(B) من الجدول التالي (18):

θ°	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
A	–	2,5	2,22	1,87	1,5	1,28	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
B	0	0,05	0,07	0,17	0,37	0,63	0,99	1,56	2,16	2,67	3



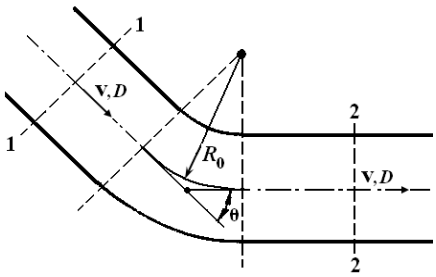
الشكل (4).

يحسب معامل المقاومة المحلية في حالة الانحناء الانسيابي كما هو مبين في الشكل (5)، وذلك عندما يتحقق الشرط ($\mathrm{Re} \geq 2 \cdot 10^5$) من العلاقة التالية:

$$\xi = \mathrm{K} \cdot \frac{\theta^\circ}{90^\circ}$$

$D/2R_0$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
K	0,13	0,14	0,16	0,21	0,29	0,44	0,66	0,98	1,41	1,98

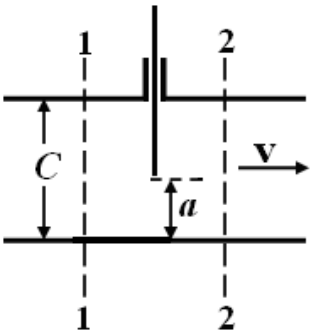
الجدول (19).



الشكل (5).

a/C	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
ξ	-	193	44,5	17,8	8,12	4,02	2,08	0,95	0,39	0,09

الجدول (20)، **معامل المقاومة المحلية في حالة صمام مركب على أنبوبة مقطعها يمثل متوازي سطوح.**



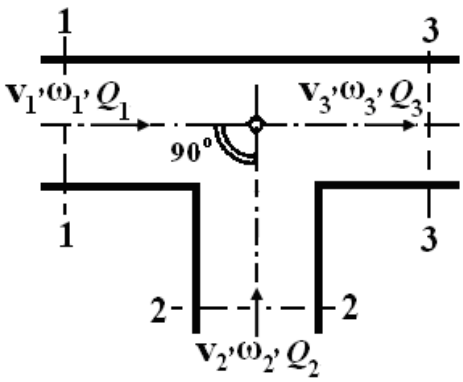
الشكل (6)، **صمام مركب على أنبوبة مقطعها متوازي سطوح.**

$\frac{\omega_2}{\omega_3}$	Q_2/Q_3									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,09	-0,50	-2,97	9,90	19,70	32,40	48,80	66,50	86,90	110,0	136,0
0,19	-0,53	+0,53	2,14	4,23	7,30	11,40	15,60	20,30	25,80	31,80
0,27	-0,59	0,00	1,11	2,18	3,76	5,90	8,38	11,30	14,60	18,40
0,35	-0,65	-0,09	+0,59	1,31	2,24	3,52	5,20	7,28	9,23	12,20
0,44	-0,80	-0,27	+0,26	0,84	1,59	2,66	4,00	5,73	7,40	9,12
0,55	-0,88	-0,48	0,00	0,53	1,15	1,89	2,92	4,00	5,36	6,60
1,00	-0,65	-0,40	-0,24	+0,10	0,50	0,83	1,13	1,47	1,86	2,30

الجدول (21)، **معامل المقاومة المحلية** (ξ_{2-3}) **لثلاثي التجميع** (**الشكل** 7).

Q_2/Q_3	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ_{1-3}	0,70	0,64	0,60	0,65	0,75	0,85	0,92	0,96	0,99	1,00

الجدول (22)، **معامل المقاومة المحلية** (ξ_{1-3}) **لثلاثي التجميع** (**الشكل** 7).



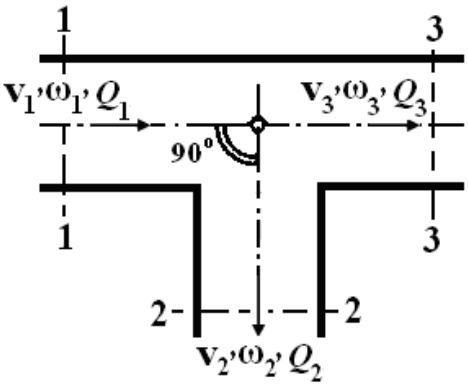
الشكل (7)، **ثلاثي التجميع**.

$\frac{\omega_2}{\omega_1}$	Q_2/Q_1									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,09	2,80	4,50	6,00	7,88	9,40	11,10	13,00	15,80	20,00	24.70
0,19	1,41	2,00	2,50	3,20	3,97	4,95	6,50	8,45	10,80	13,30
0,27	1,37	1,81	2,30	2,83	3,40	4,07	4,80	6,00	7.18	8,90
0,35	-	1,54	1,90	2,35	2.73	3,22	3,80	4,32	5,23	6,53
0.44	1,22	1,45	1.67	1,89	2,11	2,38	2,58	3,04	3,84	4,75
0,55	1,09	1,20	1,40	1,59	1,65	1.77	1.94	2.20	2,68	3,30
1,00	0,90	1,00	1,13	1,20	1.40	1,50	1.60	1,80	2,06	2,30

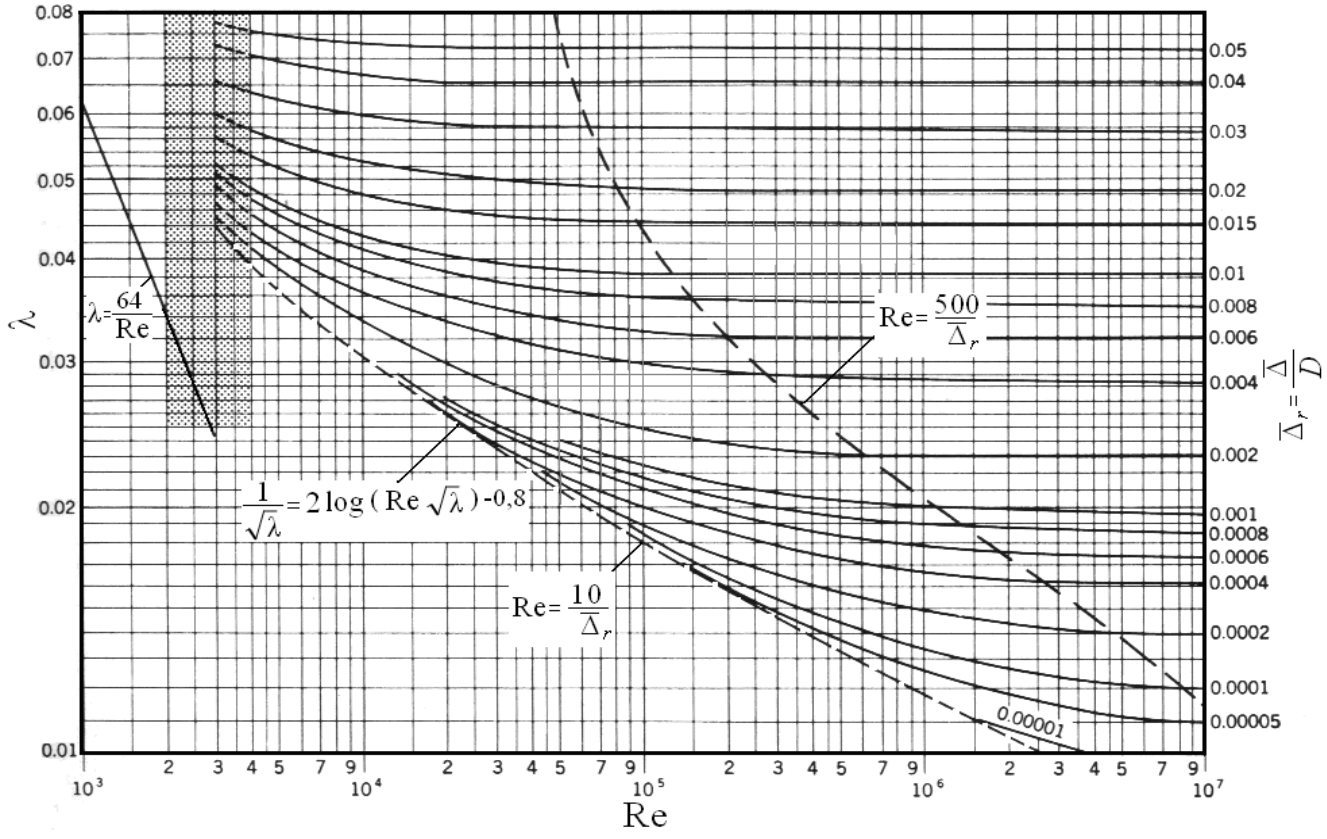
الجدول (23)، **معامل المقاومة المحلية** (ξ_{1-2}) **لثلاثي التوزيع** (**الشكل** 8).

Q_2/Q_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ_{1-3}	0,70	0,64	0,60	0,57	0,55	0,51	0,49	0,55	0,62	0,70

الجدول (24)، **معامل المقاومة المحلية** (ξ_{1-3}) **لثلاثي التوزيع** (**الشكل** 8).



الشكل (8)، **ثلاثي التوزيع**.



الشكل (9)، **منحني كولبروك لتحديد المقاومة الهيدروليكية بدلالة عدد رينولدز** (Re) **وقيم الخشونة المكافئة** ($\overline{\Delta}_r$).

D $[mm]$	K_{min} $[l/s]$	K^2_{min} $[l/s]^2$	K_C $[l/s]$	K^2_C $[l/s]^2$	K_{max} $[l/s]$	K^2_{mzx} $[l/s]^2$	λ_{min}	λ_C	λ_{max}
50	12,16	147,9	12,47	156,5	12,80	163,8	0,0230	0,0242	0,0255
75	35,41	$1,254\ 10^3$	36,07	$1,301\ 10^3$	37,03	$1,371\ 10^3$	0,0209	0.0220	0,0230
100	74,96	$5,619\ 10^3$	76,16	$5,800\ 10^3$	77,70	$6,037\ 10^3$	0,0200	0,0208	0,0215
125	133,3	$17,769\ 10^3$	135,2	$18,279\ 10^3$	138,9	$19,253\ 10^3$	0,0190	0.0200	0,0206
150	214,2	$45,882\ 10^3$	219,3	$48,092\ I0^3$	227,8	$51,893\ 10^3$	0,0177	0,0191	0,0200
200	457,4	$20,921\ 10^4$	474,9	$22,553\ 10^4$	484,3	$23,455\ 10^4$	0,0165	0.0172	0,0185
250	833,3	$69,439\ 10^4$	845,7	$71,521\ 10^4$	859,3	$73,840\ 10^4$	0.0160	0.0165	0,0170
300	1334	$17,796\ 10^5$	1352	$18,279\ 10^5$	1387	$19,238\ 10^5$	0,0153	0.0161	0,0165
350	1986	$39,442\ 10^5$	2019	$40,764\ 10^5$	2065	$42,642\ 10^5$	0,0149	0,0156	0,0161
400	2801	$78,456\ 10^5$	2863	$81,968\ 10^5$	2924	$85,498\ 10^5$	0,0145	0,0151	0,0158
450	3817	$14,569\ 10^6$	3878	$15,039\ 10^6$	3924	$15,398\ 10^6$	0,0142	0,0148	0,0153
500	5020	$25,200\ 10^6$	5096	$25,969\ 10^6$	5193	$26,967\ 10^6$	0,0140	0,0145	0,0150
600	8079	$65,270\ 10^6$	8169	$66,733\ 10^6$	8377	$70,174\ 10^6$	0,0134	0,0141	0,0145
700	12008	$14,419\ 10^7$	12251	$15,009\ 10^7$	12596	$15,866\ 10^7$	0,0128	0,0136	0,0141
800	16949	$28,727\ 10^7$	17324	$30,012\ 10^7$	18897	$35,710\ 10^7$	0,0125	0,0132	0,0138
900	23069	$53,218\ 10^7$	23627	$55,804\ 10^7$	24177	$58,453\ 10^7$	0,0122	0,0128	0,0134
1000	30513	$93,104\ 10^7$	31102	$96,733\ 10^7$	31730	$100,68\ 10^7$	0,0120	0,0125	0,0130

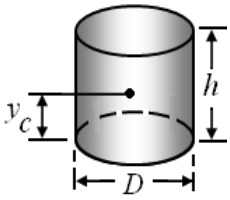
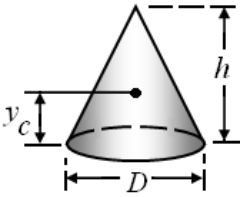
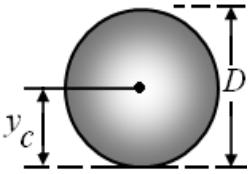
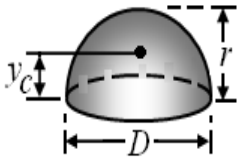
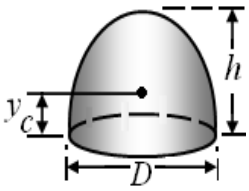
الجدول (25)، **قيم معامل التصريف** (K) **ومعامل المقاومة الهيدروليكية** (λ) **من أجل أنابيب من الحديد الزهر خشونتها المطلقة** [$\Delta = (0,10 \div 0,15)\,mm$] **في المنطقة التربيعية للمقاومة**.

D $[mm]$	K_{min} $[l/s]$	K^2_{min} $[l/s]^2$	K_C $[l/s]$	K^2_C $[l/s]^2$	K_{max} $[l/s]$	K^2_{mzx} $[l/s]^2$	λ_{min}	λ_C	λ_{max}
50	8,77	76,91	9,64	92,93	11,22	125,89	0,0300	0,0410	0,0490
75	26,24	688,54	28,42	807,70	33,23	1104,2	0,0260	0,0350	0,0416
100	56,40	$3,1810\ 10^3$	61,37	$3,7663\ 10^3$	70,94	$5,0325\ 10^3$	0,0240	0,0320	0,0380
125	102,32	$10,469\ 10^3$	110,59	$12,230\ 10^3$	125,93	$15,858\ 10^3$	0,0230	0,0300	0,0350
150	166,53	$27,732\ 10^3$	181,42	$32,906\ 10^3$	204,78	$4,1,943\ 10^3$	0,0220	0,0280	0,0330
200	359,35	$1,2913\ 10^5$	391,36	$1,5288\ 10^5$	429,20	$1,8421\ 10^5$	0,0210	0,0255	0,0300
250	649,83	$4,2228\ 10^5$	701,99	$4,9280\ 10^5$	770,71	$5,9398\ 10^5$	0,0200	0,0240	0,0280
300	1059,4	$11,223\ 10^5$	1128,3	$12,724\ 10^5$	1242,7	$15,443\ 10^5$	0,0190	0,0230	0,0262
350	1588,6	$25,237\ 10^5$	1684,8	$28,383\ 10^5$	1878,4	$35,285\ 10^5$	0,0180	0,0224	0,0252
400	2262,6	$51,194\ 10^5$	2394,4	$57,312\ 10^5$	2669,3	$71,252\ 10^5$	0,0170	0,0215	0,0242
450	3076,7	$94,661\ 10^5$	3260,9	$106,34\ 10^5$	3686,7	$131,48\ 10^5$	0,0168	0,0209	0,0235
500	4054,7	$16,439\ 10^6$	4283,3	$18,347\ 10^6$	4776,7	$22,810\ 10^6$	0,0165	0,0206	0,0230
600	6570,5	$43,171\ 10^6$	6860,5	$47.066\ 10^6$	7662,4	$58,706\ 10^6$	0,0160	0,0200	0,0221
700	9788,8	$95,824\ 10^6$	10259	$105,25\ 10^6$	11446	$130,99\ 10^6$	0,0155	0,0192	0,0212
800	13838	$191,49\ 10^6$	14543	$211,47\ 10^6$	16257	$264,29\ 10^6$	0,0150	0,0185	0,0207
900	18759	$351,91\ 10^6$	20035	$401,36\ 10^6$	22053	$445,59\ 10^6$	0,0147	0,0178	0,0203
1000	24603	$605,31\ 10^6$	26704	$713.10\ 10^6$	28895	$834,92\ 10^6$	0,0145	0,0170	0,0200

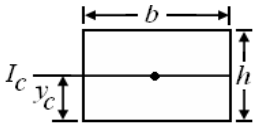
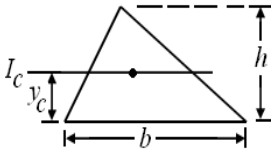
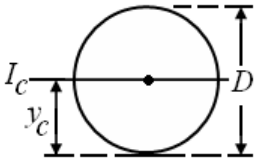
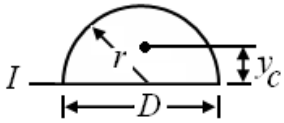
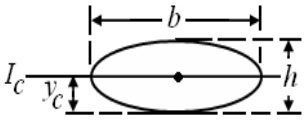
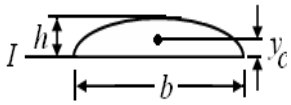
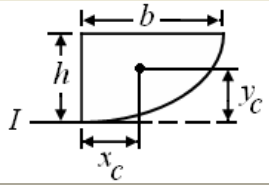
الجدول (26)، **قيم معامل التصريف** (K) **ومعامل المقاومة الهيدروليكية** (λ) **من أجل أنابيب من الحديد الزهر خشونتها المطلقة** [$\Delta = (0,25 \div 1,00)\,mm$] **في المنطقة التربيعية للمقاومة**.

D $[mm]$	K_{min} $[l/s]$	K^2_{min} $[l/s]^2$	K_C $[l/s]$	K^2_C $[l/s]^2$	K_{max} $[l/s]$	K^2_{mzx} $[l/s]^2$	λ_{min}	λ_C	λ_{max}
50	8,13	66,10	8,43	71.07	8,77	76,91	0,0490	0,0530	0,0570
75	24,18	584,67	24,69	609,60	26,24	688,54	0,0416	0,0470	0,0490
100	52,41	$2,7468\ 10^3$	53,90	$2,9052\ 10^3$	56,40	$3,1810\ 10^3$	0,0380	0,0416	0,0440
125	95,23	$9,0687\ 10^3$	98,22	$9,6472\ 10^3$	102,32	$10,469\ 10^3$	0,0350	0,0380	0,0404
150	155,48	$24,162\ 10^3$	160,62	$25,799\ 10^3$	166,53	$27,732\ 10^3$	0,0330	0,0356	0,0380
200	336,59	$1,1329\ 10^5$	346,36	$1,1997\ 10^5$	359,35	$1,2913\ 10^5$	0,0300	0,0323	0,0342
250	607,73	$3,6934\ 10^5$	627,74	$3,9406\ 10^5$	649,83	$4,2228\ 10^5$	0,0280	0,0300	0,0320
300	990,26	$9,8062\ 10^5$	1017,8	$10,359\ 10^5$	1059,4	$11,223\ 10^5$	0,0262	0,0284	0,0300
350	1491,0	$22,231\ 10^5$	1534,6	$23,550\ 10^5$	1588,6	$25,237\ 10^5$	0,0252	0,0270	0,0286
400	2124,8	$45,148\ 10^5$	2195,5	$48,202\ 10^5$	2262,6	$51,194\ 10^5$	0,0242	0,0257	0,0275
450	2911,7	$84,780\ 10^5$	2980,9	$88,858\ 10^5$	3076,7	$94,661\ 10^5$	0,0235	0,0250	0,0262
500	3851,3	$14,833\ 10^6$	3954,0	$15,634\ 10^6$	4054,7	$16,439\ 10^6$	0,0230	0,0242	0,0255
600	6278,2	$39.415\ 10^6$	6415,0	$41,152\ 10^6$	6570,5	$43,171\ 10^6$	0,0221	0,0232	0,0242
700	9370,0	$87,797\ 10^6$	9531,2	$90,840\ 10^6$	9788,8	$95,824\ 10^6$	0,0212	0,0224	0,0232
800	13213	$174,59\ 10^6$	13487	$181,910\ 10^6$	13838	$191,49\ 10^6$	0,0207	0,0218	0,0227
900	17971	$322,96\ 10^6$	18297	$334,78\ 10^6$	18759	$351,91\ 10^6$	0,0203	0,0212	0,0221
1000	23731	$563,16\ 10^6$	24175	$584,43\ 10^6$	24603	$605,31\ 10^6$	0,0200	0,0207	0,0215

الجدول (27)، **قيم معامل التصريف** (K) **ومعامل المقاومة الهيدروليكية** (λ) **من أجل أنابيب من الحديد الزهر خشونتها المطلقة** [$\Delta = (1,00 \div 1,5)\,mm$] **في المنطقة التربيعية للمقاومة**.

	الشكل	الحجم	موضع مركز الكتلة
الاسطوانة		$\frac{\pi \cdot D^2 \cdot h}{4}$	$y_C = \frac{h}{2}$
المخروط		$\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2 \cdot h}{4} \right)$	$y_C = \frac{h}{4}$
الكرة		$\frac{\pi \cdot D^3}{6}$	$y_C = \frac{D}{2}$
نصف الكرة		$\frac{\pi \cdot D^3}{12}$	$y_C = \frac{3 \cdot r}{8}$
جسم مكافئ		$\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2 \cdot h}{4} \right)$	$y_C = \frac{h}{3}$

الجدول (28)، **خواص الأجسام الصلبة**.

	الشكل	المساحة	موضع مركز المساحة	(I) أو (I_C)
مستطيل		$b \cdot h$	$y_C = \frac{h}{2}$	$I_C = \frac{b \cdot h^3}{12}$
مثلث		$\frac{b \cdot h}{2}$	$y_C = \frac{h}{3}$	$I_C = \frac{b \cdot h^3}{36}$
دائرة		$\frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$y_C = \frac{D}{2}$	$I_C = \frac{\pi \cdot D^4}{64}$
نصف دائرة		$\frac{\pi \cdot D^2}{8}$	$y_C = \frac{4 \cdot r}{3 \cdot \pi}$	$I = \frac{\pi \cdot D^4}{128}$
قطع ناقص		$\frac{\pi \cdot b \cdot h}{2}$	$y_C = \frac{h}{2}$	$I_C = \frac{\pi \cdot b \cdot h^3}{64}$
نصف قطع ناقص		$\frac{\pi \cdot b \cdot h}{4}$	$y_C = \frac{4 \cdot h}{3 \cdot \pi}$	$I_C = \frac{\pi \cdot b \cdot h^3}{16}$
قطع مكافئ		$\frac{2 \cdot b \cdot h}{3}$	$x_C = \frac{3 \cdot b}{8}$ $y_C = \frac{3 \cdot b}{5}$	$I_C = \frac{2 \cdot b \cdot h^3}{7}$

الجدول (29)، **خواص المساحات**.

المصطلحات العلمية المستخدمة

A

Absolute pressure		الضغط المطلق
Absolute roughness		الخشونة المطلقة
Absolute temperature		درجة الحرارة المطلقة
Absolute viscosity	*of air*	اللزوجة المطلقة للهواء
	of common gases	اللزوجة المطلقة للغازات الشائعة
	of common liquids	اللزوجة المطلقة للسوائل الشائعة
	of water	اللزوجة المطلقة للماء
Acceleration of gravity		تسارع الجاذبية الأرضية
Adiabatic flow		الجريان الأديباتي
American Society for Testing and Materials (ASTM)		الجمعية الأمريكية لاختبار المواد
Angular speed		السرعة الزاوية
Apparent viscosity		اللزوجة الظاهرية
Apparent weight		الوزن الظاهري
Archimedes' principle		دافعة أرخميدس
Atmosphere		الغلاف الجوي
Atmospheric pressure		الضغط الجوي
Average velocity		السرعة المتوسطة
Axial flow pumps		المضخات المحورية

B

Barometer	مقياس الضغط الجوي
Bends	الانحناءات
Bernoulli's equation	معادلة برنولي
Boiling temperature	درجة حرارة الغليان

الطبقة الحدية	*Boundary layer*
مقياس بوردون لضغط السوائل	*Bourdon pressure gage*
القدرة الحصانية المكبحية	*Brake horsepower*
معاير الحجم	*Bulk modulus*
الطفو	*Buoyancy*

C

مقياس اللزوجة ذو الأنبوب الشعري	*Capillary tube viscometer*
التكهف	*Cavitation*
مقياس سيلسيوس	*Celsius temperature scale*
مركز الطفو	*Center of buoyancy*
مركز الضغط	*Center of pressure*
ضواغط طاردة مركزية	*Centrifugal compressors*
مضخات طاردة مركزية	*Centrifugal pumps*
الضخ المتغير	*Changing head*
معامل شيزي	*Chezy coefficient*
معادلة شيزي	*Chezy equation*
معادلة كولبروك	*Colebrook equation*
الهواء المضغوط	*Compressed air*
الجريان القابل للانضغاط	*Compressible flow*
مصونية الطاقة	*Conservation of energy*
مصونية الكتلة	*Conservation of mass*
معادلة الاستمرارية	*Continuity equation*
معامل التقلص	*Contraction coefficient*
حجم المراقبة	*Control volume*
منفث مقارب مباعد	*Converging-diverging nozzle*

Converging nozzle		منفث مقارب
Conversion factors		عوامل التحويل
Critical flow		الجريان الحرج
Critical pressure ratio		نسبة الضغط الحرج
D		
Darcy-Weisbach equation		معادلة دارسي-فيسباخ
Density	*of air*	كثافة الهواء
	of common gases	كثافة الغازات الشائعة
	of common liquids	كثافة السوائل الشائعة
	of water	كثافة الماء
Discharge coefficient		معامل التصريف
Drag		المقاومة
Drag coefficient		معامل المقاومة
Dynamic head		الضخ الديناميكي
Dynamic pressure		الضغط الديناميكي
Dynamic pumps		المضخات الديناميكية
Dynamic viscosity	*of air*	اللزوجة الديناميكية للهواء
	of common gases	اللزوجة التحريكية للغازات الشائعة
	of common liquids	اللزوجة التحريكية للسوائل الشائعة
	of water	اللزوجة التحريكية للماء
E		
Efficiency	*overall*	المردود الكلي
	of pump	مردود المضخة
	of turbine	مردود التوربين
	volumetric	المردود الحجمي

Elbow		كوع
Energy	*flow*	طاقة الجريان
	kinetic	الطاقة الحركية
	potential	الطاقة الكامنة
Energy equation		معادلة الطاقة
Energy line		خط الطاقة
Energy losses		ضياعات الطاقة
Entrance pipe loss		ضياع الطاقة عند مدخل الأنبوب
Equivalent length		الطول المكافئ
Exit pipe loss		ضياع الطاقة عند مخرج الأنبوب
External flow		الجريان الخارجي

F

Fahrenheit temperature scale		مقياس فهرنهايت
Falling ball viscometer		مقياس اللزوجة ذو الكرة الساقطة
Filters		المرشحات
Fittings		لوازم ملحقة
Floating body		جسم طاف
Flow coefficient		معامل الجريان
Flow due to a changing head		التدفق الناتج عن تغيير الضخ
Flow energy		طاقة الجريان
Flow rate	*mass*	معدل التدفق الكتلي
	volume	معدل التدفق الحجمي
	weight	معدل التدفق الوزني

Flow rate measurement:		قياس معدل التدفق
Fluid mechanics		ميكانيك الموائع
Fluid power		قوة المائع
Fluid properties		خصائص الموائع
	ideal	الموائع المثالية
Fluids	*Newtonian*	الموائع النيوتونية
	non-Newtonian	الموائع غير النيوتونية
Fluid statics		توازن الموائع
	buoyancy	قوة الطفو (الرفع الستاتيكي)
	drag	قوة المقاومة
	gas	قوة الغاز
	gravity	قوة الجاذبية
	hydrostatic on curved surfaces	القوة الهيدروستاتيكية على السطوح المنحنية
Force	*hydrostatic on flat surfaces*	القوة الهيدروستاتيكية على السطوح المستوية
	lift	قوة الرفع
	pressure	قوة الضغط
	shear	قوة القص
	thrust	قوة الدفع
	viscous	قوة اللزوجة
Free surface		السطح الحر (السائب)
	laminar flow	الضياع بالاحتكاك عند الجريان الخطي (الصفحي)
Frictional losses	*turbulent flow*	الضياع بالاحتكاك عند الجريان المضطرب
Friction factor		عامل الاحتكاك

Frictionless flow		جريان بدون احتكاك
	G	
Gage fluid		مائع المقياس
Gage pressure		ضغط المقياس
Gas	*constant*	ثابت الغاز
	flow in pipes	جريان الغاز في الأنابيب
	flow through nozzle	تدفق الغاز خلال المنفث
	forces	قوى الغاز
Gear pumps		المضخات المسننية
General energy equation		معادلة الطاقة العامة
Grade line	*energy*	خط تدرج الطاقة
	hydraulic	خط التدرج الهيدروليكي
Gradual expansions		التمدد التدريجي
Gradually varied flow		التدفق المتغير بشكل تدريجي
Gravity		الجاذبية
	H	
Hagen-Poiseuille equation		معادلة هاجين-بوازيل
Head	*dynamic*	الضخ الديناميكي
	elevation	ارتفاع الضخ
	loss	فقدان الضخ
	piezometric	الضخ البيزومتري
	pressure	ضغط الضخ
	pump	مضخة الضخ
	static	الضخ الستاتيكي
	total	الضخ الكلي
	turbine	ضخ التوربين

	velocity	سرعة الضخ
	in open channels	ضياع الضغط في القنوات المفتوحة
	in pipe bends	ضياع الضغط في انحناءات الأنبوب
	in pipe entrance	ضياع الضغط في مدخل الأنبوب
Head loss	*in pipe exit*	ضياع الضغط في مخرج الأنبوب
	in pipes	ضياع الضغط في الأنابيب
	in sudden expansions and contractions	ضياع الضغط عند التوسعات والتضيقات المفاجئة
	in valves and fittings	ضياع الضغط في الصمامات والملحقات
Horsepower		القدرة الحصانية
Hydraulic diameter		القطر الهيدروليكي
Hydraulic grade line		خط التدرج الهيدروليكي
Hydraulic motors		المحركات الهيدروليكية
Hydraulic radius		نصف القطر الهيدروليكي
	on curved surface	القوة الهيدروستاتيكية على السطوح المنحنية
Hydrostatic force	*on flat surface*	القوة الهيدروستاتيكية على السطوح المستوية
Hydrostatic pressure distribution		توزع الضغط الهيدروستاتيكي
	I	
Ideal fluid		الموائع المثالية
Ideal gas law		قانون الغاز المثالي
Incompressible flow		الجريان غير القابل للانضغاط

Isentropic exponent		الأس الإيزنتروبي
Isentropic flow		الجريان متساوي الإنتروبية
Isothermal flow		الجريان متساوي درجة الحرارة
	J	
Jet engines		المحركات النفاثة
Joule		جول (وحدة قياس الطاقة)
	K	
Kelvin temperature scale		مقياس كلفن
Kilogram		كيلوغرام (وحدة قياس الكتلة)
Kinematic viscosity	*of air*	اللزوجة الحركية للهواء
	of common gases	اللزوجة الحركية للغازات الشائعة
	of common liquids	اللزوجة الحركية للسوائل الشائعة
	of water	اللزوجة الحركية للماء
Kinetic energy		الطاقة الحركية
Kinetic pumps		المضخات الحركية
	L	
Laminar flow		الجريان الخطي
Liquids		السوائل
Lobe pump		المضخة ذات الفلقات
Loss coefficient		معامل الضياع
Losses	*major*	الضياعات الكلية
	minor	الضياعات المحلية
	M	
Mach number		عدد ماخ
Major losses		الضياعات الكلية
Manometers	*differential*	مقياس الضغط التفاضلي

مقياس الضغط ذو الأنبوب المائل	*inclined tube*	
مقياس الضغط ذو الأنبوب البيزومتري	*piezometer tube*	
مقياس الضغط ذو الأنبوب على شكل حرف U	*U-tube*	
الكتلة		*Mass*
معدل التدفق الكتلي		*Mass flow rate*
السرعة الأعظمية		*Maximum velocity*
ارتفاع مركز الطفو المستنتج		*Metacentric height*
الضياعات المحلية		*Minor losses*
عزم عطالة السطح		*Moment of inertia of areas*
الزخم الحركي		*Momentum*
معادلة الزخم الحركي		*Momentum equation*
مخطط مودي		*Moody diagram*
أنظمة الأنابيب المتعددة		*Multiple pipe systems*
N		
ضغط السحب الصافي المتوفر	*available*	*Net positive suction head*
ضغط السحب الصافي المطلوب	*required*	
نيوتن (وحدة قياس القوة)		*Newton*
الموائع النيوتونية		*Newtonian fluids*
قانون نيوتن للحركة		*Newton's law of motion*
قانون نيوتن للزوجة		*Newton's law of viscosity*
الموائع غير النيوتونية		*Non-Newtonian fluids*
الجريان غير المنتظم		*Nonuniform flow*
المنفث المقارب	*converging*	*Nozzle*
المنفث المقارب-المباعد	*converging-diverging*	
عنق المنفث	*throat*	

	O	
Oil		النفط
Open channel flow		الجريان في قناة مفتوحة
Orifice meter		قياس التدفق الفوهي
	P	
Parallel piping systems		أنظمة الأنابيب المربوطة على التفرع
Pascal		باسكال (وحدة قياس الضغط)
Pascal's law		قانون باسكال
Perfect gas law		قانون الغاز المثالي
Piezometric head		الضخ البيزومتري
Pipes		الأنابيب
Piston pumps		المضخات المكبسية
Poise		بواز (وحدة قياس اللزوجة التحريكية)
Positive displacement pumps		المضخات ذات الإزاحة الموجبة
Pound		باوند (وحدة قياس الكتلة في الجملة البريطانية)
Power		القدرة
Pressure distribution		توزع الضغط
Pressure drag		مقاومة الضغط
Pressure energy		طاقة الضغط
Pressure force		قوة الضغط
Properties	*of air*	خصائص الهواء
	of common gases	خصائص الغازات الشائعة
	of common liquids	خصائص السوائل الشائعة
	of water	خصائص الماء

Pumps	المضخات
R	
Rankine temperature scale	مقياس رانكلن
Rapid flow	الجريان السريع
Rapidly varied flow	التدفق المتغير بشكل سريع
Relative roughness	الخشونة النسبية
Relative velocity	السرعة النسبية
Reynolds number	عدد رينولدز
Reynolds's experiment	تجربة رينولدز
Rocket engines	محركات الصاروخ
Rotating drum viscometer	مقياس اللزوجة ذو الوعاء الدوار
Roughness factor,	عامل الخشونة
S	
Screw compressors	الضواغط اللولبية
Screw pumps	المضخات اللولبية
Series piping systems	أنظمة الأنابيب المربوطة على التسلسل
Shaft	عمود الإدارة
Shear stress	إجهاد القص
SI units	جملة الوحدات الدولية
Similarity laws	قوانين التشابه
Siphon	السيفون
Sonic velocity	سرعة الصوت
Specific energy	الطاقة النوعية
Specific gravity	الكثافة النوعية
Specific speed	السرعة النوعية
Specific weight	الوزن النوعي

	of air	سرعة الصوت في الهواء
Speed of sound	*of ideal gas*	سرعة الصوت في الغاز المثالي
	of water	سرعة الصوت في الماء
Stability	*of completely submerged bodies*	توازن الأجسام المغمورة كلياً
	of floating bodies	توازن الأجسام الطافية
Stagnation point		نقطة الركود
Stagnation pressure		ضغط الركود
Standard atmosphere		الجو القياسي
Static fluid pressure variation		تغيرات الضغط السكوني للموائع
Static head		الضخ الستاتيكي.
Static pressure		الضغط السكوني
Steady flow		الجريان المستقر
Stress		الإجهاد
Subcritical flow		التدفق تحت الحرج
Submerged area		مستو الطفو
Submerged bodies		الأجسام المغمورة
Suction pressure		ضغط السحب
Supercritical flow		التدفق تحت الحرج
Systems of units		جمل الواحدات

T

Temperature	درجة الحرارة
Terminal velocity	السرعة الحدية
Torque	العزم
Total energy line	خط الطاقة الكلي
Total head	الضخ الكلي
Total pressure	الضغط الكلي
Turbine flow -meter	مقياس التدفق التوربيني

Turbine power		قدرة التوربين
Turbulent flow		الجريان المضطرب
	U	
Uniform flow		الجريان المنتظم
Unsteady flow		الجريان غير المستقر
U.S. Customary units		الجملة الأمريكية التجارية
	V	
Vacuum		الخلاء
Valve		الصمام
	check	صمامات عدم الرجوع
Valves	*gate*	الصمامات البوابية
	globe	الصمامات الكروية
Vane pumps		المضخات الصفائحية
Vapor pressure		الضغط البخاري
Varied flow		الجريان المتغير
Velocity		السرعة
Velocity gradient		تدرج السرعة
Velocity measurement		قياس السرعة
Velocity profile		بروفيل السرعة
Venturi meter		مقياس فينتوري
Viscometers		مقاييس اللزوجة
Viscosity		اللزوجة
Viscosity index		مؤشر اللزوجة
Volume flow rate		معدل التدفق الحجمي
	W	
Wave speed		سرعة الموجة

الوزن	*Weight*
معدل التدفق الحجمي	*Weight flow rate*
مقاومة الرياح	*Wind resistance*
العمل	*Work*

المراجع العلمية

1) ANDERSON, J. D. *Fundamentals of Aerodynamics,* 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 2005.
2) BENEDICT, R. P. *Fundamentals of Pipe Flow.* New York: John Wiley & Sons, 2005.
3) BLEVINS, R. D. *Applied Fluid Dynamics Handbook.* New York: Van Nostrand Reinhold, 2005.
4) CURRIE, I. G. *Fundamental Mechanics of Fluids,* 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1993
5) DAUGHERTY, R. L., and J. R. FRANZINI. *Fluid Mechanics,* 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2001.
6) Fox, R. W., and A. T. MCDONALD. *Introduction to Fluid Mechanics,* 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1985.
7) FRENCH, R. H. *Open Channel Hydraulics.* New York: McGraw-Hill, 2002.
8) HANSEN, A. G. *Fluid Mechanics.* New York: John Wiley & Sons, 1998.
9) INTRIC, B. W. *Compressible Fluid Flow.* New York: Halsted Press, 2006.
10) JOHN, E. A., and W. L. HABERMAN. *Introduction to Fluid Mechanics,* 3rd ed. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1988.
11) JOHN, E. E. *Gas Dynamics,* 2nd ed. Boston: Allyn and Bacon, 2004.
12) KARASSICK, I. J., et al. *Pump Handbook.* New York, McGraw-Hill, 2005.
13) KRISTAL, F. A., and F. A. ANNETT. *Pumps: Types, Selection, Installation, Operation, and Maintenance.* New York, McGraw-Hill, 1953.
14) LYONS, J. L. *Lyons' Valve Designers Handbook.* New York, Van Nostrand, 2003.
15) MILLER, J. L. *The Reciprocating Pump: Theory, Design, and Use.* New York: John Wiley & Sons, 1987.

16) MILLER, R. W. *Flow Measurement Engineering Handbook,* 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1989.
17) MOODY, L. F. "Friction Factors for Pipe Flow." *Transactions of the AS ME* 66, 1944.
18) MUNSON, B. R., D. F. YOUNG, and T. H. OKIISHI. *Fundamentals of Fluid Mechanics,* 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 2005.
19) POTTER, M. C., and D. C. WIGGERT. *Mechanics of Fluids.* Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1991.
20) REID, R. C., J. M. PRAUSNITZ, and T. K. SHERWOOD. *The Properties of Gases and Liquids,* 3rd ed. New York, McGraw-Hill, 1977.
21) ROUSE, H., and S. INCE. *History of Hydraulics.* Iowa City: Iowa Institute of Hydraulic Research, 1957. Reprint, New York: Dover, 1963.
22) SAAD, M. A. *Compressible Fluid Flow,* 2nd ed. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1993.
23) SCHLICHTING, H. *Boundary-Layer Theory,* 7th ed. New York: McGraw-Hill, 1979.
24) SHAMES, L. *Mechanics of Fluids,* 2nd ed. New York, McGraw-Hill, 1982.
25) STREET, R. L., G. Z. WATTERS, and J. K. VENNARD. *Elementary Fluid Mechanics,* 7th ed. New York: John Wiley and Sons, 1996.
26) STREETER, V. L., and E. B. WYLIE. *Fluid Mechanics,* 8th ed. New York: McGraw-Hill, 1985.
27) U.S. STANDARD ATMOSPHERE. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1976.
28) WALLIS, R. A. *Axial Flow Fans and Ducts.* New York, John-Wiley & Sons, 1983.
29) WHITE, F. M. *Fluid Mechanics,* 3rd ed. New York, McGraw-Hill, 1994.