

Гидравлика

Основные свойства жидкостей

- **1. Жидкость и ее свойства**

Жидкость — непрерывная среда, обладающая свойством текучести, т.е. способностью неограниченно изменять свою форму под действием сколь угодно малых сил.

Плотность жидкости —

— масса жидкости M в единице объема W :

$$\rho = \frac{M}{W}, \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Удельный вес жидкости —

— вес жидкости G в единице объема W :

$$\gamma = \frac{G}{W}, \quad \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}$$

$$\gamma = \rho g,$$

где g — ускорение свободного падения, $g=9,81 \text{ м/с}^2$

Плотность воды при различной температуре

Температура $t, ^\circ\text{C}$	Жидкость		Темпе- ратура $t, ^\circ\text{C}$	Жидкость		Темпе- ратура $t, ^\circ\text{C}$	Жидкость	
	вода	ртуть		вода	ртуть		вода	ртуть
0	999,9	13596	30	995,7	13522	70	977,8	13424
4	1000	—	40	992,2	13497	80	971,8	13400
10	999,7	13571	50	988,1	13473	90	965,3	13376
20	998,2	13546	60	983,2	13449	100	958,4	13352

Наименование жидкости	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$
Аммиак	-34	684
Анилин	15	1026
Ацетон	15	796
Бензин	15	680—755
Бензол	15	884
	60	836
Бром	15	3190
Бутан (нормаль- ный)	-0,5	606
Вода	См. табл. 1-1	—
» морская	15	1020—1030
Глицерин (безвод- ный)	10	1264
	20	1260
	40	1250
Деготь каменно- угольный	15	1200
Дихлорэтан	15	1175—1200
Двуокись азота	3,2	1484
Двуокись серы	-10	1472
Керосин	15	790—820
Масло: из бурогоугольной смеси	20	970

Наименование жидкости	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$
деревянное	15	920
касторовое	15	970
кокосовое	15	930
льняное (вар)	15	940
машинное:		
весьма жидко- текучее	10	899
	20	898
	50	895
среднее	10	898
	20	892
	50	876
минеральное	15	890—960
смазочное		
оливковое	15	920
парафиновое	18	925
терпентиновое	15	870
хлопковое	15	930
Нефть натуральная	15	700—900
Озон	-5	537
Сероуглерод	15	1270
Серная кислота:		
87%-ная	15	1800
дымящаяся	15	1890
Скипидар	18	870
Ртуть	20	13 550
Спирт:		
метиловый	15	810
этиловый	15—18	790
Тетрабромэтан	15	2964
Хлор	0	1469
Хлористый метил	0	954
Хлористый этил	0	919
Хлороформ	15—18	1480
Цианистый водо- род	0	715
Этиловый эфир	15—18	740

Сжимаемость жидкости

$$\Delta W = W_o \cdot \beta_p \cdot \Delta p ,$$

где β_p – коэффициент сжимаемости жидкости; $\beta_p = (1 \div 9) \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$. Малая величина коэффициента сжимаемости определяет низкую сжимаемость жидкости.

Жидкость	Изотермический модуль упругости $E_{ж}$	
	МПа	кгс/см ²
Алкоголь (спирт)	1275	13000
Бензин авиационный	1305	13300
Вода	2060	21000
Глицерин	4464	45500
Керосин	1275	13000
Масло		
АМГ-10	1305	13300
индивидуальное 20	1362	13888
индустриальное 50	1473	15015
касторовое	1942	19801
сурепное	1761	17953
турбинное	1717	17500
цилиндровое 11	1768	18018
Силиконовая жидкость	1030	10500
Ртуть	32373	330000

Тепловое расширение жидкости $\Delta W = W_o \cdot \beta_t \cdot \Delta t$,

где β_t – коэффициент теплового расширения жидкости; $\beta_t = (1 \div 9) \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Жидкость	β_t
Алкоголь	0,00110
Вода	0,00015
Глицерин	0,00050
Масло:	
оливковое	0,00072
репное	0,00090
Нефть	0,00060
Ртуть	0,00018

Вязкость жидкости

— свойство сопротивляться сдвигу, скольжению ее слоев относительно друг друга; свойство обратное текучести жидкости. Вязкость возникает в жидкости в следствие действия сил молекулярного сцепления.

Вязкость характеризуется коэффициентами:

- динамической вязкости μ , Па·с;
- кинематической вязкости ν , м²/с.

1-4. Соотношения между единицами динамической вязкости η

Единица измерения	мкП	сП	П (пуаз)	Па·с [кг/(м·с)]	$\frac{\text{кг}}{\text{м}\cdot\text{ч}}$	$\frac{\text{кгс}\cdot\text{с}}{\text{м}^2}$	$\frac{\text{фунт}}{\text{фут}\cdot\text{с}}$	$\frac{\text{фунт}}{\text{фут}\cdot\text{ч}}$
1 мкП (микропуаз)	1	10^{-4}	10^{-6}	10^{-7}	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$1,02 \cdot 10^{-8}$	$6,72 \cdot 10^{-8}$	$2,42 \cdot 10^{-4}$
1 сП (сантипуаз)	10^4	1	10^{-2}	10^{-3}	3,6	$1,02 \cdot 10^{-4}$	$6,72 \cdot 10^{-4}$	2,42
1 П (пуаз)	10^6	10^2	1	10^{-1}	$3,6 \cdot 10^2$	$1,02 \cdot 10^{-2}$	$6,72 \cdot 10^{-2}$	$2,42 \cdot 10^2$
1 Па·с [кг/(м·с)]	10^7	10^3	10	1	$3,6 \cdot 10^3$	$1,02 \cdot 10^{-1}$	$6,72 \cdot 10^{-1}$	$2,42 \cdot 10^3$
1 кг/(м·ч)	$2,78 \cdot 10^3$	$2,78 \cdot 10^{-1}$	$2,78 \cdot 10^{-3}$	$2,78 \cdot 10^{-4}$	1	$2,83 \cdot 10^{-5}$	$1,867 \cdot 10^{-4}$	$6,72 \cdot 10^{-1}$
1 кгс·с/м ²	$9,81 \cdot 10^7$	$9,81 \cdot 10^3$	$9,81 \cdot 10$	9,81	$3,53 \cdot 10^4$	1	6,592	$2,373 \cdot 10^4$
1 фунт/(фут·с)	$1,488 \cdot 10^7$	$1,488 \cdot 10^3$	$1,488 \cdot 10$	1,488	$5,36 \cdot 10^3$	$1,52 \cdot 10^{-1}$	1	$3,6 \cdot 10^3$
1 фунт/(фут·ч)	$4,13 \cdot 10^3$	$4,13 \cdot 10^{-1}$	$4,13 \cdot 10^{-3}$	$4,13 \cdot 10^{-4}$	1,488	$4,22 \cdot 10^{-5}$	$2,78 \cdot 10^{-4}$	$1 \frac{1}{3}$

1-5. Соотношения между единицами кинематической вязкости ν

Единица измерения	мм ² /с, сСт	см ² /с, Ст	м ² /с	м ² /ч	фут ² /с	фут ² /ч
1 мм ² /с = 1 сСт (сангистокс)	1	10 ⁻²	10 ⁻⁶	3,60 · 10 ⁻³	1,07 · 10 ⁻⁵	3,87 · 10 ⁻²
1 см ² /с = 1 Ст (стокс)	10 ²	1	10 ⁻⁴	3,60 · 10 ⁻¹	1,07 · 10 ⁻³	3,87
1 м ² /с	10 ⁶	10 ⁴	1	3,60 · 10 ³	1,07 · 10	3,87 · 10 ⁴
1 м ² /ч	2,78 · 10 ²	2,78	2,78 · 10 ⁻⁴	1	2,99 · 10 ⁻³	1,07 · 10
1 фут ² /с	9,30 · 10 ⁴	9,30 · 10 ²	9,30 · 10 ⁻²	3,35 · 10 ²	1	3,60 · 10 ³
1 фут ² /ч	2,58 · 10	2,58 · 10 ⁻¹	2,58 · 10 ⁻⁵	9,30 · 10 ⁻²	2,78 · 10 ⁻⁴	1

Жидкость	$t, ^\circ\text{C}$	ρ, H	$\gamma, \text{Ст}$
■ Бензин	15	0,0065	0,0093
Глицерин:			
50%-ный водный раствор	20	0,0603	0,0598
86%-ный водный раствор	20	1,2970	1,0590
безводный	20	14,930	11,890
■ Керосин	15	0,0217	0,0270
■ Мазут	18	38,700	20,000
Молоко цельное	20	0,0183	0,0174
■ Нефть:			
легкая	18	0,178	0,250
тяжелая	18	1,284	1,400
Патока	18	888	600
■ Ртуть	15	0,0154	0,0011
Скипидар	16	0,0160	0,0183
■ Спирт этиловый	20	0,0119	0,0154
■ Эфир	20	0,0246	0,00327

1-8. Зависимость η и ν воды от t и p [1-53]

$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{МПа}$	$\eta, \text{мПа}\cdot\text{с}$	$\nu\cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{МПа}$	$\eta, \text{мПа}\cdot\text{с}$	$\nu\cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$
0	0,0981	1,790	1,792	190	1,255	0,144	0,165
10	0,0981	1,300	1,306	200	1,565	0,136	0,158
20	0,0981	1,010	1,006	210	1,910	0,135	0,153
30	0,0981	0,802	0,805	220	2,300	0,125	0,148
40	0,0981	0,654	0,659	230	2,800	0,120	0,145
50	0,0981	0,549	0,556	240	3,350	0,115	0,141
60	0,0981	0,470	0,478	250	3,980	0,111	0,137
70	0,0981	0,406	0,415	260	4,690	0,107	0,135
80	0,0981	0,355	0,365	270	5,500	0,102	0,133
90	0,0981	0,315	0,326	280	6,400	0,098	0,131
100	0,101	0,282	0,295	290	7,440	0,094	0,129
110	0,143	0,259	0,272	300	8,600	0,091	0,128
120	0,198	0,238	0,250	310	9,870	0,088	0,128
130	0,270	0,221	0,233	320	11,30	0,085	0,128
140	0,360	0,201	0,217	330	12,85	0,081	0,127
150	0,476	0,186	0,203	340	14,70	0,078	0,127
160	0,618	0,174	0,191	350	16,50	0,073	0,126
170	0,798	0,163	0,181	360	18,70	0,067	0,126
180	1,003	0,153	0,173	370	21,10	0,057	0,126

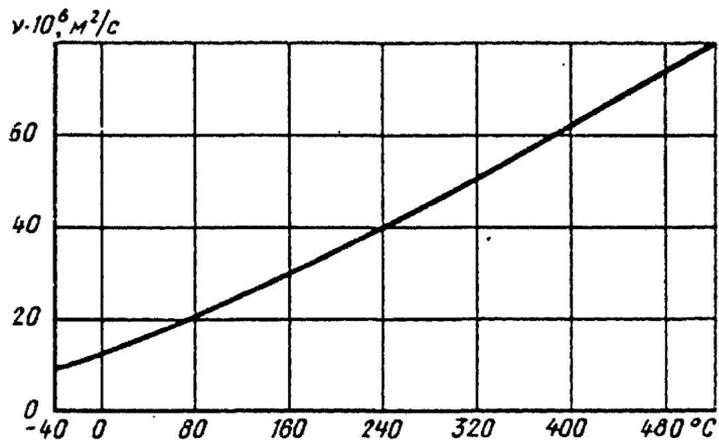


Рис. 1-1. Зависимость кинематической вязкости воздуха от его температуры при давлении 101,325 кПа

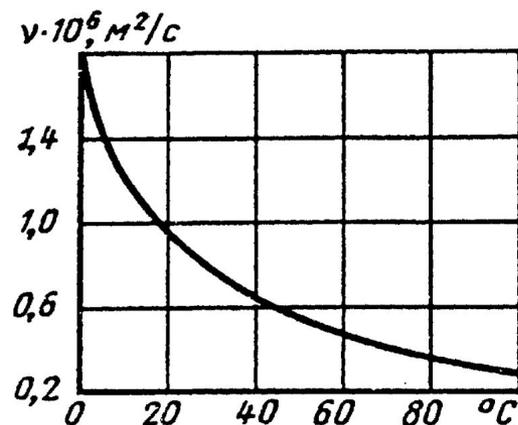
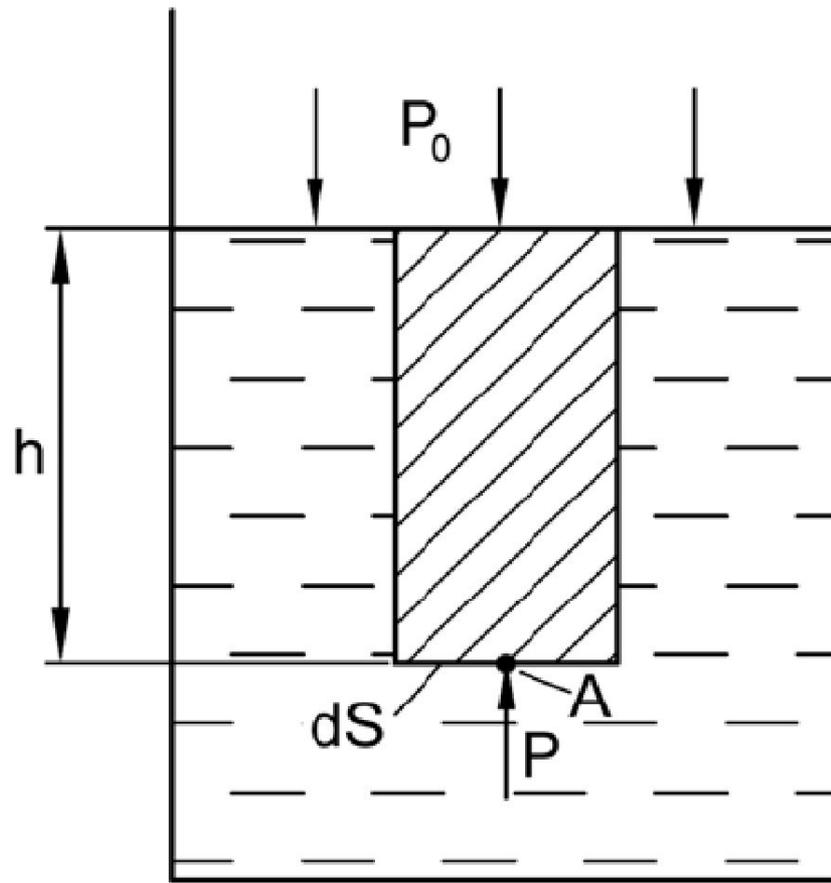


Рис. 1-2. Зависимость кинематической вязкости воды от ее температуры при 101,325 кПа

2. Гидростатика

2.1 Основной закон гидростатики



$$\sum F_{\text{всрт}} = 0$$

Сила тяжести действует вниз:

$$G = mg = \rho h d S g$$

Сила внешнего давления F_0 также действует вниз:

$$F_0 = P_0 d S$$

Сила давления на площадку dS действуют вверх:

$$F = P d S$$

Просуммировав рассмотренные силы, получим:

$$P = P_0 + \rho g h$$