

## Тема 1 Предмет. Физические свойства жидкостей и газов

### План лекции

1. Введение
2. Понятие капельных и газообразных жидкостей
3. Свойства капельных жидкостей
4. Свойства газообразных жидкостей
5. Силы, действующие на жидкость

### Краткое содержание лекции

*Гидравликой* называют науку, изучающую законы равновесия и движения капельных жидкостей. Часть гидравлики, рассматривающую законы равновесия жидкостей, называют *гидростатикой*, а часть, рассматривающую законы движения жидкостей, — *гидродинамикой*.

Жидкостью называют физическое тело, обладающее свойством текучести, в силу чего жидкость не имеет собственной формы, принимая форму сосуда, в который ее помещают. Капельные жидкости характеризуются большим сопротивлением сжатию (почти полной несжимаемостью) и малым сопротивлением растягивающим и касательным усилиям, обусловленным незначительностью сил сцепления и сил трения между частицами жидкости. Газообразные жидкости обладают большой сжимаемостью и имеют малую вязкость. К газообразным жидкостям относятся все газы.

*Удельный и относительный удельный вес жидкости*

$$\gamma = \frac{G}{W}, \quad \text{Н/м}^3 \quad (1.1)$$

где  $G$  – вес жидкости объемом  $W$ .

$$\rho = \frac{m}{W}, \quad \text{кг/м}^3 \quad (1.2)$$

$$G = mg, \quad \text{Н} \quad (1.3)$$

*Сжимаемость и температурное расширение жидкости.* Относительное уменьшение объема жидкости  $W$  при увеличении давления  $p$  на единицу называют коэффициентом объемного сжатия  $\beta_w$ :

$$\beta_w = \frac{W - W_1}{\rho \cdot W} \quad (1.4)$$

Величину, обратную коэффициенту объемного сжатия, называют *модулем упругости*. Изменение объема жидкости при нагревании  $\beta_t$ , на который показывает относительное увеличение объема жидкости при увеличении ее температуры на  $1^\circ$ :

$$\beta_w = \frac{W - W_1}{t \cdot W} \quad (1.5)$$

где  $W$  и  $W_1$  – объемы жидкости соответственно до и после изменения температуры на  $t^\circ$ .

*Вязкость жидкости.* Свойство жидкости оказывать сопротивление относительному движению (сдвигу) слоев частиц жидкости называют *вязкостью*.

И. Ньютон: гипотеза экспериментально подтверждена Н.П. Петровым. В аналитической форме положение имеет следующий вид:

$$T = \mu S \frac{du}{dh} \quad (1.6)$$

где  $T$  – сила внутреннего трения;

$\mu$  – коэффициент внутреннего трения, или динамический коэффициент вязкости, зависящий от свойств данной жидкости;

$S$  – площадь поверхности соприкосновения слоев.

$\frac{du}{dh}$  – градиент скорости (здесь  $du$  – разность скоростей движения соприкасающихся тонких слоев;  $dh$  – расстояние между осями этих слоев)

Кинематический коэффициент вязкости.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \quad \frac{м^2}{с} \quad (1.8)$$

В качестве единицы измерения кинематического коэффициента вязкости в системе СГС принимают стокс (Ст), равный  $1 \text{ см}^2/\text{сек}$ .

При повышении температуры вязкость капельных жидкостей быстро уменьшается. При изменении давления вязкость жидкостей изменяется крайне незначительно, и при давлении меньше 100 атм этим изменением обычно пренебрегают. Вязкость определяют при помощи приборов, называемых *вискозиметрами*.

*Газообразные жидкости.* Вследствие большой сжимаемости газообразных жидкостей их плотность и объемный вес в значительной степени зависят от давления, а также от температуры.

*Процесс сжатия и расширения газов:*

*Закон Бойля – Мариотта*

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = const, \quad (1.9)$$

где  $p_1$  и  $p_2$  – давления;

$V_1$  и  $V_2$  – объемы газа при постоянной температуре соответственно при давлениях  $p_1$  и  $p_2$ .

*Закон Гей – Люссака*

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = const \quad (1.10)$$

где  $T_1$  и  $T_2$  – абсолютные температуры;  $T_1=273.15+t_1$ ;  $T_2=273.15+t_2$ ; (здесь температуры газов по шкале Цельсия).

На основании законов Гей – Люссака и Бойля – Мариотта установлено уравнение состояния совершенного газа:

$$pV = GRT, \quad (1.11)$$

где  $G$  – вес в кгс;

$R$  – удельная газовая постоянная, равная работе расширения 1 кгс газа при нагревании его на  $1^\circ$  ( $p = \text{const}$ );  $R = 848/M$  кгс·м/кг·град (здесь  $M$  – молекулярный вес газа).

*Изотермический процесс* наблюдается при постоянной температуре газа и характеризуется законом Бойля – Мариотта.

*Адиабатический процесс* происходит без теплообмена газа с окружающей средой и характеризуется зависимостью

$$pV^k = \text{const}, \quad (1.12)$$

где показатель адиабаты  $k = C_p/C_v$  (здесь  $C_p$  и  $C_v$  — теплоемкость газов соответственно при постоянном давлении и при постоянном объеме).

Изотермический и адиабатический процессы изменения состояния газа являются частными случаями *политропического процесса*, характеризующегося уравнением политропы:

$$pV^n = \text{const}, \quad (1.13)$$

где  $n$  – показатель политропы, определяемый для каждого конкретного случая на основании исследования графической зависимости  $V=f(p)$ . Как видим, при  $n=1$  процесс будет изотермическим, а при  $n=k$  – адиабатическим.

#### *Рекомендуемая литература*

1. Б. Т. Емцев. Техническая гидромеханика М.: Машиностроение, 1987.
2. В.Г. Гейер и др. Гидравлика и гидропривод. М.:Недра, 1991.
3. Под редакцией С.П.Стесина. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод М.: АСADEMIA, 2005

#### *Контрольные задания для СРС*

1. Определение плотности капельных и газообразных жидкостей.
2. Определение вязкости капельных и газообразных жидкостей.
3. Расчет на сжимаемость жидкостей.
4. Нахождение сил, действующих на жидкость.