

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ "МАМИ"
Кафедра "Гидравлика и гидропневмопривод"

А.А. Михайлин

А.В. Лепешкин

И.В. Фатеев

ГИДРАВЛИКА, ГИДРОМАШИНЫ
И ГИДРОПРИВОДЫ
конспект лекций.

Рекомендовано УМО по автотракторному и дорожному образованию
в качестве учебного пособия для студентов заочной формы обучения
по дисциплине "Гидравлика и гидропневмопривод"
по специальности 150100 "Автомобиле- и тракторостроение".

Ответственный редактор

Беленков Ю.А.

МОСКВА 1998.

ЧАСТЬ 1. ГИДРАВЛИКА

Гидравлика это наука о законах равновесия и движения жидкостей и о способах приложения этих законов к решению практических задач.

1. ВВЕДЕНИЕ.

1.1 Силы, действующие на жидкость. Давление в жидкости.

В жидкости действуют не сосредоточенные, а распределенные силы. Все силы разделяют на массовые (распределенные по массе - силы тяжести, инерции) и поверхностные (распределенные по поверхности - силы трения, давления). Последние рассмотрим подробнее.

Пусть сила R действует под углом на площадку S (рис.1). Ее можно разложить на тангенсальную T и нормальную F составляющие. Нормальная сила F вызывает в жидкости напряжение сжатия, которое называют гидромеханическим давлением или просто давлением.

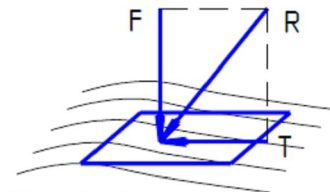


Рис. 1. Разложение силы.

При равномерном распределении силы по площадке оно определится по формуле

$$p = F / S . \quad (1)$$

Основной единицей измерения давления (СИ) является паскаль, $1\text{Па} = 1\text{Н}/\text{м}^2$. Однако чаще используются более крупные единицы: килопаскаль ($1\text{кПа} = 10^3\text{Па}$) и мегапаскаль ($1\text{МПа} = 10^6\text{Па}$). В технике, кроме того, используется внесистемная единица - техническая атмосфера, $1\text{ат} = 1\text{кгс}/\text{см}^2$. Соотношение между наиболее используемыми единицами следующее:

$$10\text{ ат} = 0,981\text{ МПа} \sim 1\text{ МПа},$$

$$1\text{ ат} = 98,1\text{ кПа} \sim 100\text{кПа}.$$

Крайне важным, при решении практических задач, является выбор системы отсчета давления (шкалы давления). За ноль давления может быть принято абсолютно низкое давления (аналог абсолютного нуля температуры) - $0_{абс}$. И при отсчете давлений от этого нуля их называют абсолютными $p_{абс}$ (см. рис. 2,а).

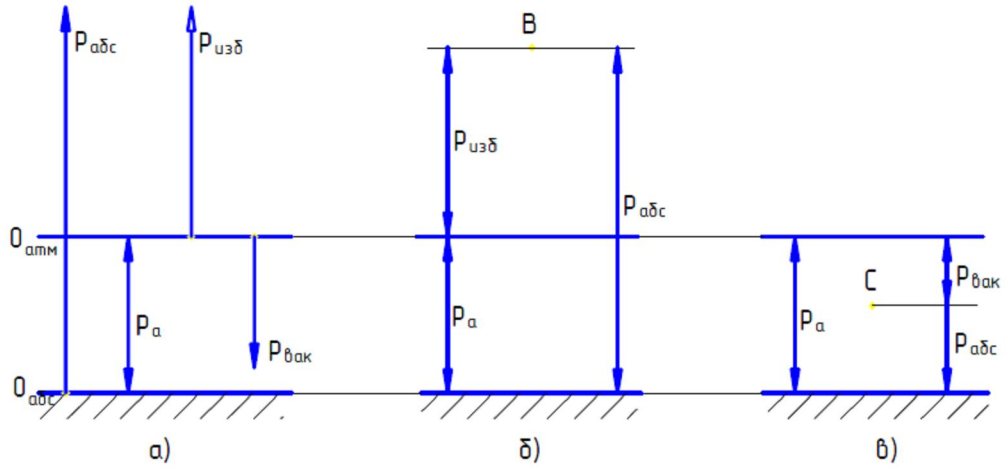


Рис. 2. Системы отсчета давления

Однако, технические задачи удобнее решать в избыточных давлениях $p_{изб}$, когда за ноль принимается атмосферное давление p_a существующее в данный момент времени - $0_{атм}$ (рис 2,а).

От атмосферного нуля давление может отсчитываться также "вниз". Это давление называется давлением вакуума или вакуумом $p_{вак}$ (рис. 2,а).

Итак, существуют три системы отсчета давления (три шкалы давления). Получим формулы для пересчета одного давления в другое.

Для получения зависимости между абсолютным $p_{абс}$ и избыточным $p_{изб}$ давлениями воспользуемся рис. 2,б. Пусть величина данного давления определяется положением точки В. Тогда очевидно, что

$$p_{абс} = p_a + p_{изб} . \quad (2)$$

Используя точку С (рис. 2,е), аналогично получим связь между абсолютным давлением $p_{абс}$ и давлением вакуума

$$p_{абс} = p_a - p_{вак} . \quad (3)$$

Избыточное давление и вакуум отсчитываются от одного нуля, но в разные стороны. Следовательно

$$p_{изб} = - p_{вак} . \quad (4)$$

Таким образом, формулы (2) - (4) связывают давления: абсолютное, избыточное и вакуумное, а также позволяют пересчитать одно в другое.

1.2. Основные свойства жидкости.

В гидравлике в понятие "жидкость" включают как капельные жидкости, так и газы.

1.2.1. Плотность и удельный вес.

Одной из механических характеристик жидкости является плотность ρ (кг/м³). Это масса m , заключенная в единице объема W жидкости

$$\rho = m / W . \quad (5)$$

Вместо плотности в формулах может быть использован удельный вес γ (Н/м²), т.е. вес G , заключенный в единице объема W

$$\gamma = G / W , \quad (6)$$

который связан с плотностью ускорением свободного падения g

$$\gamma = \rho \cdot g . \quad (7)$$

Приведем плотности некоторых жидкостей:

- воды - $\rho_в = 1000$ кг/м³;

- ртути - $\rho_{рт} = 13600$ кг/м³.

1.2.2. Вязкость.

Это способность жидкости сопротивляться сдвигу. Она проявляется в возникновении касательных напряжений (трения) при движении жидкости. При

течении жидкости вдоль стенки происходит торможение потока (рис.3) обусловленное ее вязкостью. Согласно гипотезе Ньютона касательное напряжение, возникающее в слое жидкости на расстоянии y от стенки, определяется зависимостью

$$\tau = \mu \cdot \frac{\partial V}{\partial y}, \quad (8)$$

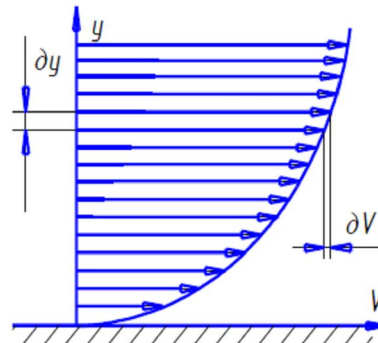


Рис. 3. Течение жидкости вдоль стенки.

где $\partial V/\partial y$ - градиент скорости, характеризующий интенсивность нарастания скорости V при удалении от стенки (по координате y). Величина μ , входящая в (8) получила название динамической вязкости жидкости.

Однако на практике более широкое применение нашла кинематическая вязкость

$$\nu = \mu / \rho. \quad (9)$$

Единицей измерения последней является стокс, $1 \text{ Ст} = 1 \text{ см}^2/\text{с}$, или более мелкая единица сантистокс, $1 \text{ сСт} = 0,01 \text{ Ст}$.

Необходимо учитывать, что с увеличением температуры вязкость капельных жидкостей резко падает, т.е. повышается их текучесть.

В заключение отметим, что в гидравлике при изучении процессов течения используется понятие идеальной жидкости, под которой понимается жидкость, лишенная вязкости.

1.2.3. Сжимаемость.

Это способность жидкости изменять свой объем под действием давления. Сжимаемость капельных жидкостей характеризуется коэффициентом объемного сжатия β ($\text{м}^2/\text{Н}$), который определяется соотношением

$$\beta = - \frac{1}{\Delta p} \cdot \frac{\Delta W}{W_0},$$

где W_0 - начальная величина объема;

ΔW - изменение объема под действием изменения давления Δp .

Знак минус в формуле обусловлен тем, что при увеличении давления объем жидкости уменьшается.

Величина обратная коэффициенту β называется модулем упругости жидкости

$$K = 1/\beta .$$

Сжимаемость газов более существенна и подчиняется уравнениям термодинамического состояния.

1.2.4. Испаряемость.

Это способность капельной жидкости к газообразованию. Одним из показателей испаряемости является температура кипения. Однако при проведении расчетов гидросистем используется другой показатель – давление насыщенных

паров $p_{\text{нп}}$. Это давление, при котором начинается интенсивное парообразование (кипение жидкости) при данной температуре t° . Зависимость $p = f(t^\circ)$ для воды приведена на рис. 4. На графике отмечена точка, соответствующая кипению воды при нормальном атмосферном давлении.

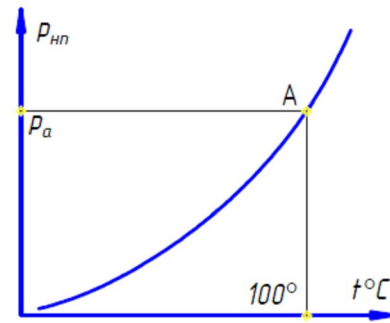


Рис. 4. Давление насыщенных паров воды.

2. ГИДРОСТАТИКА.

2.1. Основной закон гидростатики.

В дальнейшем необходимо учитывать, что гидростатическое давление действует по всем направлениям одинаково, а на внешней поверхности жидкости его действие направлено по нормали внутрь объема жидкости.