



ФГБОУ ДПО НИЖЕГОРОДСКИЙ УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ФПС

Дисциплина: «Пожарная техника»

Основы гидравлики.

Разработано на цикле специальных дисциплин
(пожарная тактика)

Старшим преподавателем Борисовым В.В.

2014 год



Цель занятия:

Учебная: ознакомить слушателей с основами гидравлики, основными физическими свойствами жидкости;



Литература:

основная:

1. Абросимов Ю.Г. Гидравлика. Учебник.- М.: Академия ГПС МЧС России, 2005.- 312 с.
2. Абросимов Ю.Г., Иванов А.И., Качалов А.А. и др. Гидравлика и противопожарное водоснабжение: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003.- 391 с.

дополнительная:

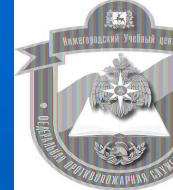
1. Качалов А.А., Воротынцев Ю.П., Власов А.В. Противопожарное водоснабжение: Учебник для пожарно-технических училищ.– М.: Стройиздат, 1985.- 286 с.



Учебные вопросы:

1. Общие сведения о науке «Гидравлика».
2. Физические свойства жидкостей и газов.
3. Силы, действующие в жидкостях.
Гидростатическое давление и его свойства.

Вопрос №1 Общие сведения о науке «Гидравлика».



Гидравлика – наука, изучающая законы равновесия и механического движения жидкостей и разрабатывающая методы применения этих законов для решения различных прикладных задач.

Название «гидравлика» произошло от греческих слов «хюдор» - вода и «аулос» - труба, желоб. В начале в понятие «гидравлика» включалось только учение о движении воды по трубам. В настоящее время почти во всех областях техники применяются различные устройства, основанные на использовании гидравлических законов.

Особое развитие гидравлика как наука получила в 15 – 17 веках. Леонардо да Винчи (1452 – 1519) написал труд «О движении и измерении воды». В 1612 г. Г. Галилей теоретически подтвердил закон Архимеда. В 1643 г. Э. Торричелли установил закон истечения жидкости из отверстия. В 1650 г. Б. Паскаль сформулировал закон о передаче жидкостью давления. В 1687 г. И. Ньютон предложил гипотезу о законе внутреннего трения в движущейся жидкости и дал понятие о вязкости жидкости.

Формирование гидравлики на прочной теоретической основе стало возможным только после работ академиков Петербургской академии наук М.В. Ломоносова, Д. Бернулли и Л. Эйлера. Дальнейшее развитие гидравлики и прикладных ее разделов связано с именами таких ученых и инженеров, как Шези, Дарси, Базен, Вейсбах, Менделеев, Рейнольдс, Жуковский, Альтшуль и т.д.

Уравнения гидростатики позволяют определить силу давления на затворы пожарных водоемов, на стенки цистерны движущегося пожарного автомобиля и стенки пожарных рукавов, что имеет немаловажное значение при их конструировании и эксплуатации. На основе уравнений гидростатики производится расчет гидросиловых цилиндров пожарных лестниц.

Цель изучения дисциплины:
приобретение слушателями
теоретических знаний и практических
навыков по применению законов
гидростатики и гидродинамики в
пожарной технике, расчётам потери
напора в пожарных рукавах,
определению скорости и расхода при
истечении жидкости через насадки.

Вывод по вопросу:



в гидравлике изучаются законы равновесия и движения жидкостей и практические приложения этих законов к решению задач.



Вопрос № 2. Физические свойства жидкости.

Жидкостью называют физическое тело, обладающее свойством текучести и характеризующееся малым сцеплением между частицами, вследствие чего жидкость не имеет собственной формы и принимает форму сосуда, в котором находится.

В гидравлике принято объединять жидкости, газы и пары под единым наименованием- **жидкости**. Это объясняется тем, что законы движения жидкостей и газов (паров) практически одинаковы, если их скорости значительно ниже скорости звука. При этом жидкости подразделяют на капельные и упругие (газы или пары). **Капельные** жидкости практически несжимаемы и обладают очень малым коэффициентом объемного расширения. Объем **упругих (газообразных)** жидкостей сильно изменяется при изменении температуры или давления.

Учет внутреннего трения значительно усложняет изучение законов движения жидкостей. В целях упрощения постановки задач и их математического решения в гидравлике вводят понятие о гипотетической **идеальной** жидкости, которая, в отличие от **реальной** или вязкой жидкости, абсолютно несжимаема под действием давления, не изменяет плотности при изменении температуры и не обладает вязкостью.

Силы вязкости (касательные напряжения), играющие весьма существенную роль при установлении режимов и характеристик движения жидкостей, осложняют изучение многих вопросов механики жидкостей. Поэтому в гидравлике при теоретических исследованиях рассматривают, как правило, идеальные жидкости, законы движения которых в большей степени поддаются математическим решениям.

Для характеристики распределения массы в пространстве, занятом жидкостью, пользуются величиной, называемой **плотностью**. Значение плотности среды в элементарном объеме определяется как отношение массы, заключенной в этом объеме

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta W}$$

Плотность в данной точке представляет собой предел отношений

$$\rho = \lim_{\Delta W \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta W}$$

Средним значением плотности называется отношение массы жидкости в некотором объеме к величине этого объема, т.е. масса жидкости в единице объема:

$$\rho = \frac{m}{W}$$

В единицах СИ плотность измеряется в *кг/м.куб.*

Вес единицы объема жидкости называется
удельным весом и обозначается через γ
В единицах СИ удельный вес измеряется в *Н/м. куб.*

т.е.

$$\gamma = \frac{G}{W}$$

Масса и вес связаны между собой соотношением

$$m = \frac{G}{g}$$

где g - ускорение свободного падения, м/с.кв.

С учетом этой зависимости получим соотношение между удельным весом и плотностью:

$$\gamma = \rho g$$

Плотность и удельный вес капельных жидкостей значительно выше, чем соответствующие характеристики упругих жидкостей (газов) и сравнительно мало изменяются под действием давления или при изменении температуры. Основным огнетушащим средством является вода. При изменении температуры от 4 до 50 С плотность воды меняется от 1000 до 988 кг/м куб. и в практических расчетах с достаточной для инженерных расчетов точностью может быть принята 1000 кг/м куб .

Способность жидкости изменять свой объем под действием внешних сил называется **сжимаемостью**. Она характеризуется коэффициентом объемного сжатия

$$\beta_w = -\frac{1}{W} \frac{dW}{dp} \quad [1/\text{Па}]$$

Так как $W = \frac{m}{\rho}$, а $m = \text{const}$, то

$$-\frac{dW}{W} = \frac{d\rho}{\rho} \quad \text{и} \quad \beta_w = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{d\rho}{dp}$$

Следовательно, коэффициент объемного сжатия есть относительное изменение плотности жидкости, приходящееся на единицу давления.

Величина, обратная коэффициенту объемного сжатия жидкости, называется **модулем объемной упругости жидкости**:

$$E_w = \frac{1}{\beta_w} = \rho \frac{dp}{d\rho} \quad [\text{Па}]$$

Температурное расширение жидкости

характеризуется коэффициентом температурного расширения β_t

, представляющим собой число, которое определяет приращение единицы объема жидкости при повышении ее температуры на 1С:

$$\beta_t = \frac{\Delta W}{W \cdot \Delta t} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 (t_2 - t_1)}$$

или

$$\beta_t = \frac{1}{w} \cdot \frac{dw}{dt}$$

Объем воды (в отличие от объема других тел) при нагревании от 0 до 4 С уменьшится, так как при этой температуре она имеет наибольшую плотность и удельный вес. Если продолжить нагрев, то объем воды будет увеличиваться. Коэффициент β_t при нагревании от 0 до 50 С увеличивается с возрастанием давления, при дальнейшем повышении температуры и давления он уменьшается. При незначительном изменении температуры воды и давления в расчетах многих сооружений изменением коэффициента можно пренебречь

При движении реальной жидкости в ней возникают силы внутреннего трения, оказывающие сопротивление движению. Эти силы действуют между соседними слоями жидкости, перемещающимися друг относительно друга. Свойство жидкости оказывать сопротивление усилиям, вызывающим относительное перемещение частиц, называется **вязкостью**:

$$\tau = -\mu \frac{dV}{dn}$$

Это уравнение выражает закон внутреннего трения Ньютона, согласно которому напряжение внутреннего трения, возникающее между слоями жидкости при ее течении, прямо пропорционально градиенту скорости.

Знак минус в правой части этого уравнения в соответствии с выше изложенным указывает на то, что касательное напряжение тормозит слой, движущийся с относительно большей скоростью (или разгоняет относительно медленный движущийся слой).

Коэффициент пропорциональности μ

называется динамическим коэффициентом вязкости или динамической вязкостью. Единица измерения динамической вязкости- $Па \cdot с$.

В инженерных расчетах так же часто пользуются понятием кинематического коэффициента вязкости или кинематической вязкостью:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Вязкость капельных жидкостей

значительно снижается с возрастанием температуры. Вязкость газов, наоборот, увеличивается с ее повышением. При умеренном давлении вязкость газов практически от него не зависит, однако, начиная с некоторого давления, возрастает при его увеличении.

Вывод по вопросу:



Жидкости подразделяют на капельные и упругие (газы или пары). Знание основных физических свойств жидкостей (плотности, удельного веса, сжимаемости, температурного расширения, вязкости), их методов расчета и зависимости от технологических параметров процесса, необходимо для проведения качественных расчетов и рациональной организации различных технологических процессов.

Вопрос №3 Силы, действующие в жидкостях. Гидростатическое давление и его свойства.

Внешние силы, действующие на данный объем или частичку жидкости, могут быть разделены на две группы.

Силы массовые. Эти силы действуют на все частички, составляющие рассматриваемый объем жидкости. Величина этих сил пропорциональна массе жидкости. В случае однородной жидкости, т.е. жидкости, имеющей в любой точке одинаковую плотность, величина массовых сил будет пропорциональна также объему жидкости. Поэтому при $\rho = \text{const}$ массовые силы называются *объемными силами*.

К **массовым** (объемным) силам относятся силы тяжести, силы инерции и т.д. Плотность распределения объемных сил в различных точках пространства, занятого жидкостью, в общем случае может быть разной.

Силы поверхностные. Эти силы приложены к поверхности, ограничивающей рассматриваемый объем жидкости, выделенной внутри этой жидкости. Поверхностные силы можно разложить на две составляющие: нормальную (характеризуется нормальным напряжением) и касательную (характеризуется касательным напряжением).

В покоящейся жидкости имеются только нормальные напряжения, определяемые давлением в жидкости. В движущейся жидкости имеются и нормальные и касательные напряжения, определяемые давлением в жидкости и законом трения Ньютона.

В гидростатике рассматривают жидкость, находящуюся в относительном покое. Основным понятием гидростатики является понятие гидростатического давления. Рассмотрим произвольный объем покоящейся жидкости (рис. 1.4).

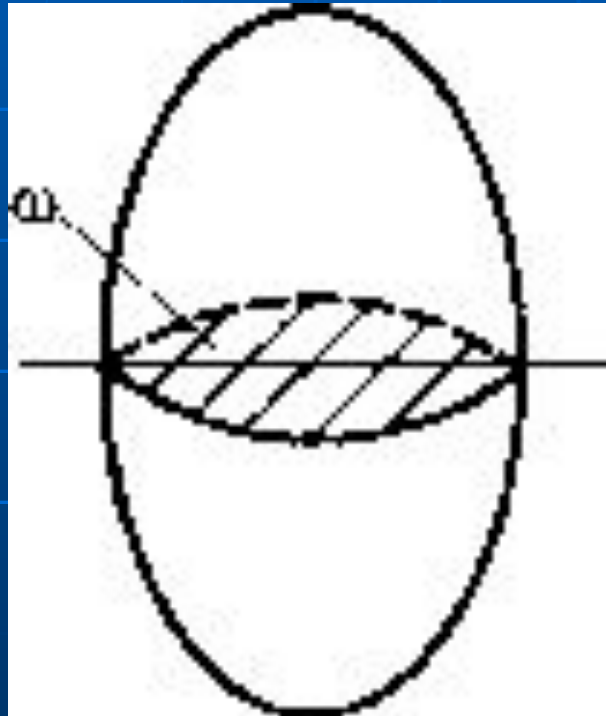


Рис. 1.4. К понятию гидростатического давления

Гидростатическим давлением в данной точке называется предел отношения силы давления покоящейся жидкости P к площади ее действия ω при величине площадки, стремящейся к нулю, т.е.

$$p = \lim \frac{\Delta P}{\Delta \omega}$$

Гидростатическое давление в данной точке - величина конечного измерения. Гидростатическое давление обладает двумя основными свойствами.

Первое свойство. Гидростатическое давление действует нормально к площадке и является сжимающим, т.е. оно направлено внутрь того объема жидкости, давление на который рассматриваем.

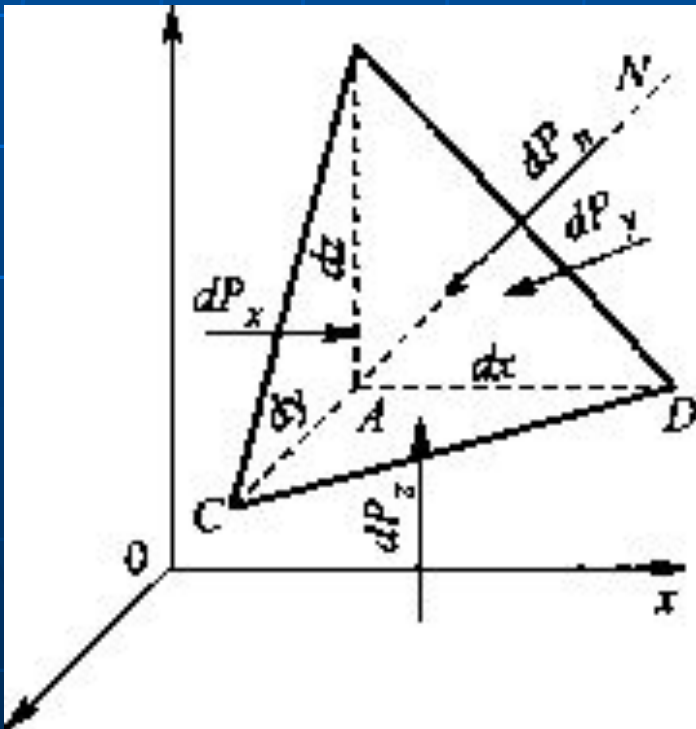
Может ли гидростатическое давление быть направлено не по нормали?

Если гидростатическое давление направлено не по нормали, то его можно разложить на нормальную и касательную составляющие. В соответствии с законом трения Ньютона касательные напряжения возникают при наличии градиента скорости, а мы рассматриваем покоящуюся жидкость (или другими словами, касательные напряжения должны привести к движению слоев жидкости, а мы рассматриваем покой).

Таким образом, давление в покоящейся жидкости может быть направлено только по нормали.

Второе свойство. Гидростатическое давление в любой точке жидкости не зависит от ориентировки площадки, на которую оно действует, т.е. гидростатическое давление действует одинаково по всем направлениям.

Для доказательства второго свойства выделим внутри жидкости бесконечно малый объем в форме тетраэдра с ребрами dx , dy , dz , параллельными координатным осям x , y , z (рис. 1.5).



$$p = \lim_{\omega \rightarrow 0} \left(\frac{P}{\omega} \right)$$

Рис. 1.5. Второе свойство гидростатического давления

Основная задача гидростатики- это нахождение связи между объемными (массовыми) и поверхностными силами, т.е. гидростатическим давлением.

Рассмотрим понятие **гидростатического давления**. Выделим внутри однородной жидкости, находящейся в покое и равновесии, элементарную площадку $\Delta \omega$, на которую действует сила P , направленная по нормали к площадке.

Δ

Иногда в приборах для измерения давления, используемых на практике, давление выражают в кгс/см² или атмосферах, а также в метрах и миллиметрах столба манометрической жидкости- воды или ртути. Между единицами измерения существуют соотношения:

$$1 \text{ ат} = 1 \text{ кгс/см}^2 = 10 \text{ м водн. ст.} = 980665 \text{ Па} \\ = 98,1 \text{ кПа}$$

$$760 \text{ мм рт. ст.} = 101325 \text{ Па} = 101,3 \text{ кПа}$$

Абсолютное гидростатическое давление в любой точке жидкости складывается из давления на ее свободную поверхность и давления столба жидкости, высота которого равна расстоянию от этой точки до свободной поверхности.

Для измерения давления используются следующие приборы:

атмосферного- барометры,
избыточного- манометры,
разряжения- вакуумметры.

Вывод по вопросу: в жидкостях действуют внутренние силы (силы взаимодействия между молекулами) и внешние: объемные или массовые силы. Обычно внутренние силы в гидравлике не учитывают. Основной задачей гидростатики является нахождение связи между объемными (массовыми) и поверхностными силами, т.е. гидростатическим давлением. Гидростатическое давление представляет собой давление в данной точке и равно пределу отношения силы, действующей по нормали к площадке, когда величина этой площадки стремится к нулю.

Вывод по теме: основы гидравлики необходимы, чтобы дать обучающимся необходимые знания, без которых качественное освоение других специальных дисциплин практически невозможно. Дана классификация жидкостей и рассмотрены их основные физические свойства. Рассмотрены силы, действующие в жидкостях и понятие гидростатического давления.

Закрепление нового материала:



- Что изучает предмет «Гидравлика»?
- Что называют жидкостью?
- Что относится к основным физическим свойствам жидкости?
- Что называется плотностью жидкости?
- Какие существуют внешние силы в гидравлике?



Задание на самоподготовку:

1. Перечислите основные физические свойства жидкости.

Абросимов Ю.Г., Иванов А.И., Качалов А.А. и др. Гидравлика и противопожарное водоснабжение: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003.- 391 с

2. Перечислите составляющие абсолютного гидростатического давления.

Абросимов Ю.Г., Иванов А.И., Качалов А.А. и др. Гидравлика и противопожарное водоснабжение: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003.- 391 с.

КОНЕЦ УРОКА



Презентация рассмотрена на заседании цикла
специальных дисциплин (пожарная тактика)

Протокол № _____ от « _____ » _____ 2014 г.