

Карагандинский технический университет имени Абылкаса
Сагинова

Кафедра СМиТ

«Основные гидравлические величины»

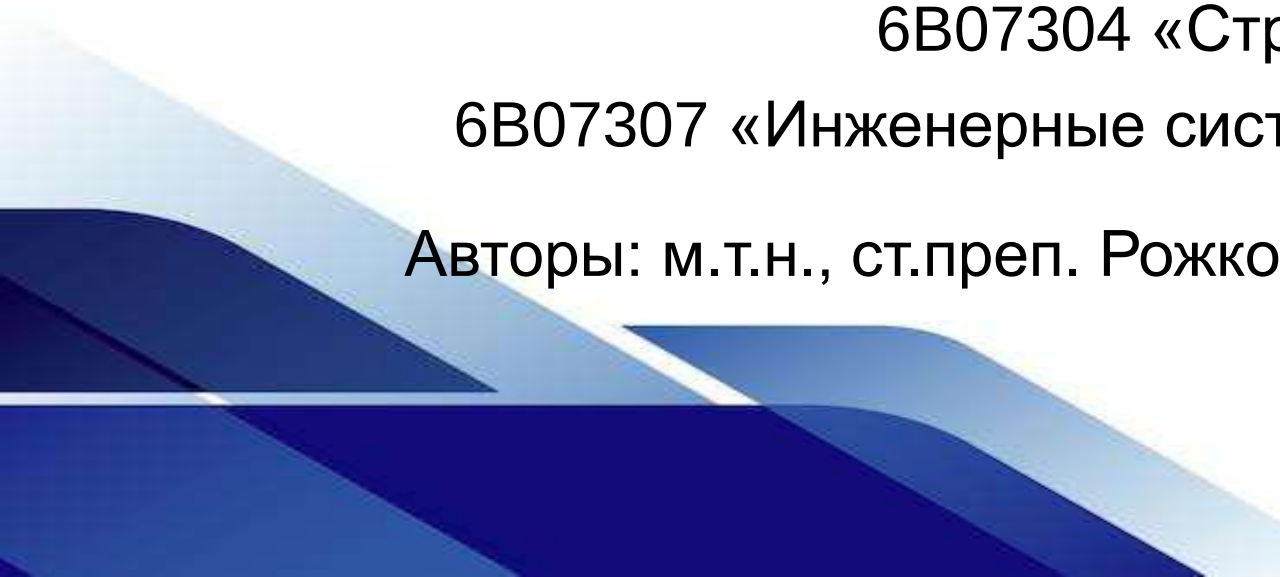
Дисциплина: «Гидравлика, гидрология, гидрометрия»

Для студентов образовательных программ:

6B07304 «Строительство»,

6B07307 «Инженерные системы зданий и сооружений»

Авторы: м.т.н., ст.преп. Рожков А.В, м.т.н., препод. Рожкова А.А.



План занятия

1. Площадь живого сечения
 2. Смоченный периметр
 3. Гидравлический радиус
 4. Коэффициент объемного сжатия
 5. Коэффициент температурного расширения
 6. Вязкость жидкостей (кинематическая, динамическая вязкость), условная вязкость в градусах Энглера. Расход
- 

Цель занятия

Цель изучения гидравлических величин заключается в понимании параметров, описывающих состояние и движение жидкости, и в умении использовать их для расчёта, анализа и оптимизации работы технических систем.



1. Площадь живого сечения



Площадь живого сечения

В гидравлических расчетах для характеристики размеров и формы поперечного сечения потока вводятся понятия о живом сечении и его элементах: смоченном периметре и гидравлическом радиусе.

Живым сечением называют часть поперечного сечения канала (трубы), заполненную жидкостью.



Площадь живого сечения

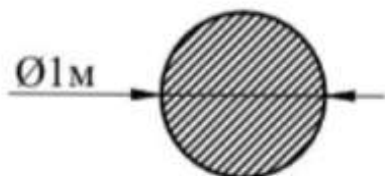
Площадь живого сечения (ω (омега), м^2) – это площадь поперечного сечения потока (жидкости или газа) в трубопроводе, через которую он проходит. Или это площадь, заполненная жидкостью в поперечном сечении потока.

Она учитывает только активную часть сечения, исключая преграды (толщина стенки трубы, конструктивные элементы решеток) и используется для расчета гидравлического радиуса, расхода и скорости потока.



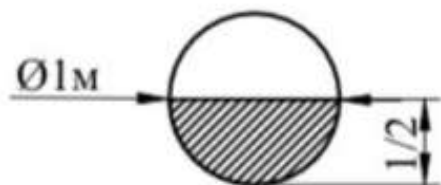
Площадь живого сечения

1)



$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} = 0,785 \text{ м}^2$$

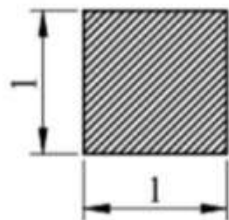
2)



$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{8} = \frac{3,14 \cdot 1^2}{8} = 0,393 \text{ м}^2$$

Площадь живого сечения

3)



$$\omega_3 = a^2 = 1^2 = 1 \text{ м}^2$$

4)



$$\omega_4 = \frac{a^2}{2} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ м}^2$$

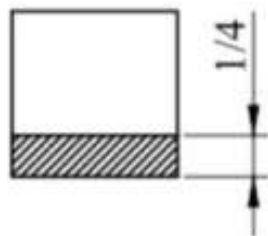
Площадь живого сечения

5)



$$\omega_5 = \frac{3}{4} \cdot 1 = 0,75 \text{ м}^2$$

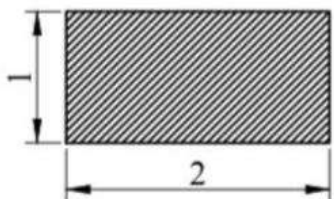
6)



$$\omega_6 = \frac{1}{4} \cdot 1 = 0,25 \text{ м}^2$$

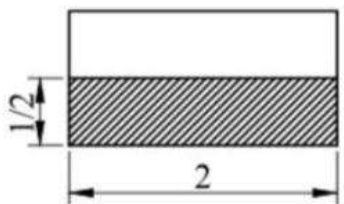
Площадь живого сечения

7)



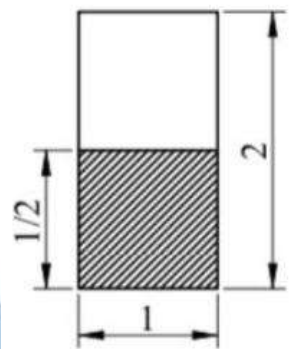
$$\omega_7 = 1 \cdot 2 = 2 \text{ м}^2$$

8)



$$\omega_8 = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ м}^2$$

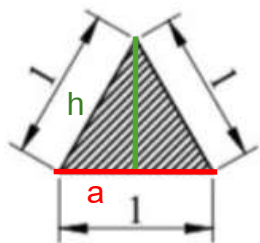
9)



$$\omega_9 = 1 \cdot 1 = 1 \text{ м}^2$$

Площадь живого сечения

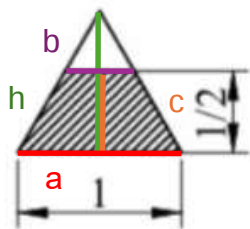
10)



$$\omega_{10} = \frac{1}{2} \cdot a \cdot h = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 0,866 = 0,433 \text{ м}^2$$

$$h = \sqrt{a^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \sqrt{1 - 0,5^2} = \sqrt{0,75} = 0,866 \text{ м}$$

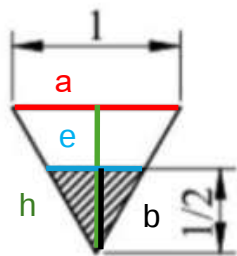
11)



$$\omega_{11} = \frac{1 \cdot (a + b) \cdot 0,5}{2} = \frac{1 \cdot (1 + 0,317) \cdot 0,5}{2} = 0,329 \text{ м}^2$$

$$\frac{a}{h} = \frac{(h - 0,5)}{b} \quad b = \frac{h(h - 0,5)}{a} = \frac{0,866(0,866 - 0,5)}{1} = 0,317 \text{ м}$$

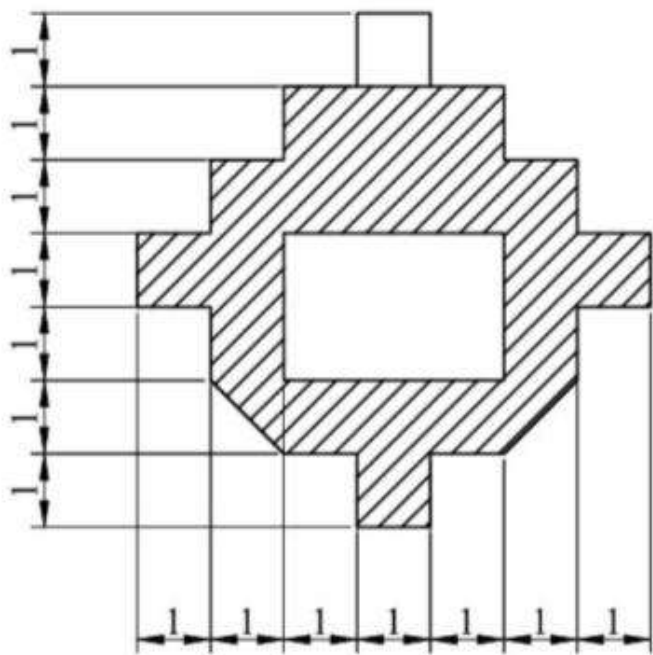
12)



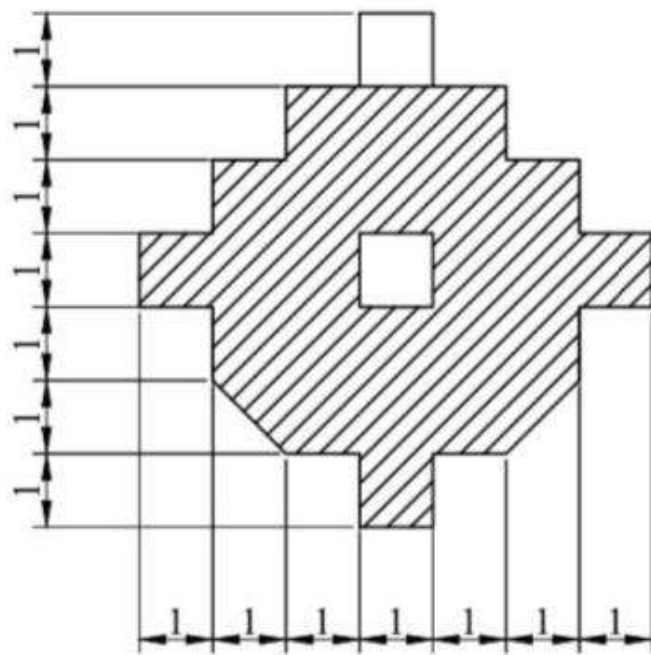
$$\omega_{12} = \frac{1}{2} \cdot e \cdot 0,5 = \frac{1}{2} \cdot 0,577 \cdot 0,5 = 0,144 \text{ м}^2$$

$$\frac{a}{h} = \frac{e}{b} \quad e = \frac{a \cdot 0,5}{0,866} = 0,577 \text{ м}$$

Площадь живого сечения



$$\omega = 19\text{м}^2$$



$$\omega = 24\text{м}^2$$

2. Смоченный периметр



Смоченный периметр

Смоченный периметр (периметр живого сечения), χ (хи), м — это длина стенки трубопровода в поперечном сечении потока, соприкасающаяся с жидкостью или периметр живого сечения, соприкасающийся со стенками, ограничивающий поток. Он не включает верхнюю свободную поверхность потока в трубопроводе при безнапорном течении.



Смоченный периметр

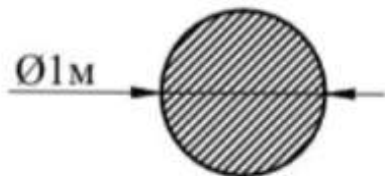
Применяется данная величина для определения гидравлического радиуса. Большая величина смоченного периметра приводит к большему трению и меньшему расходу.

При проектировании каналов стремятся к минимальному значению смоченного периметра для заданной площади сечения, чтобы увеличить скорость потока за счет уменьшения трения.



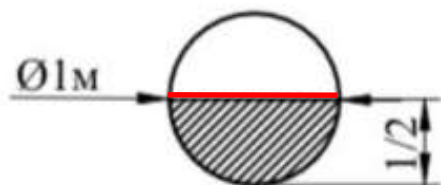
Смоченный периметр

1)



$$\chi_1 = \pi d_1 = 3,14 \cdot 1 = 3,14 \text{ м}$$

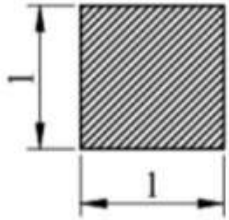
2)



$$\chi_2 = \frac{\pi d_2}{2} = \frac{3,14 \cdot 1}{2} = 1,57 \text{ м}$$

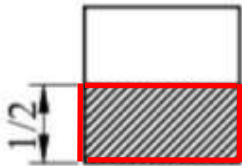
Смоченный периметр

3)



$$\chi_3 = 4a = 4 \cdot 1 = 4\text{м}$$

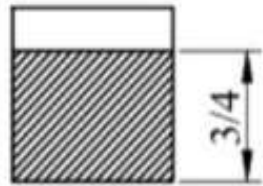
4)



$$\chi_4 = 2 \cdot 0,5 + 1 = 2\text{м}$$

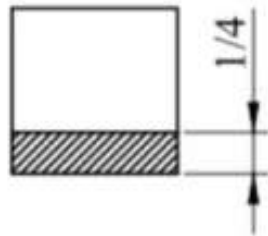
Смоченный периметр

5)



$$\chi_5 = 2 \cdot \frac{3}{4} + 1 = 2,5\text{м}$$

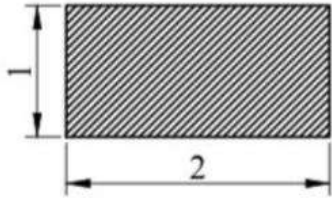
6)



$$\chi_6 = 2 \cdot \frac{1}{4} + 1 = 1,5\text{м}$$

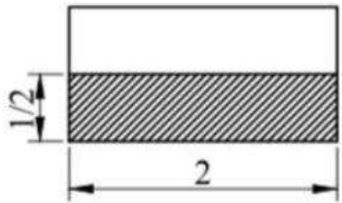
Смоченный периметр

7)



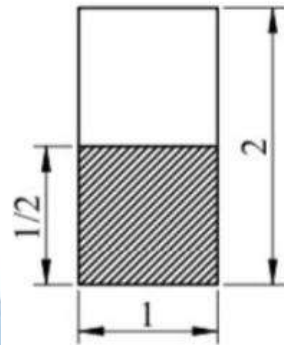
$$\chi_7 = 2 \cdot (1 + 2) = 6 \text{ м}$$

8)



$$\chi_8 = 2 \cdot 0,5 + 2 = 3 \text{ м}$$

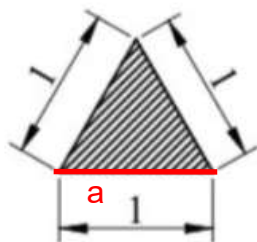
9)



$$\chi_9 = 2 \cdot 1 + 2 = 3 \text{ м}$$

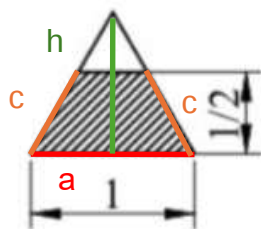
Смоченный периметр

10)



$$\chi_{10} = 3a = 3 \cdot 1 = 3\text{м}$$

11)



$$\chi_{11} = 2c + a = 2 \cdot 0,817 + 1 = 2,634\text{м}$$

$$\frac{a}{2} = \frac{(a - c)}{(h - 0,5)}$$

$$\frac{a}{2}(h - 0,5) = a(a - c)$$

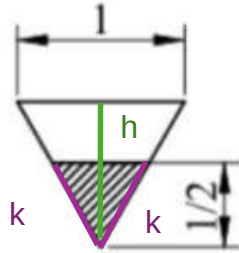
$$0,5(0,866 - 0,5) = 1(1 - c)$$

$$0,183 = 1 - c$$

$$c = 1 - 0,183 = 0,817$$

Смоченный периметр

12)

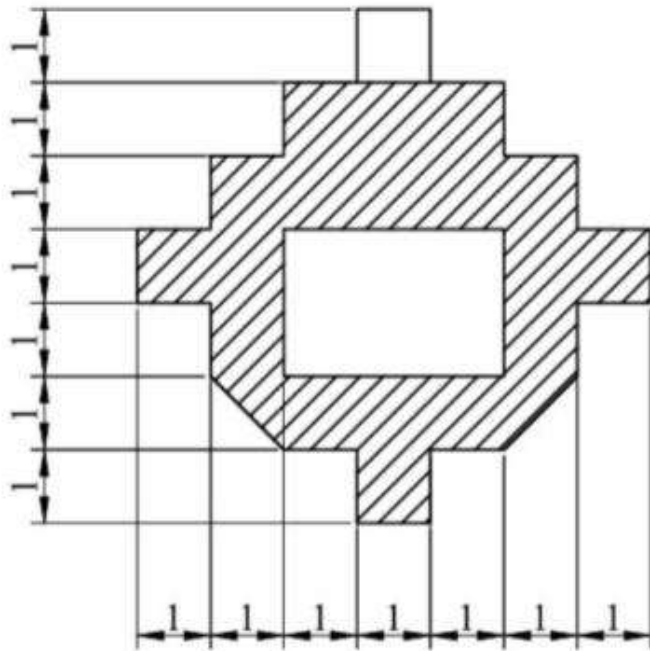


$$\chi_{12} = 2 \cdot k = 2 \cdot 0,577 = 1,154\text{м}$$

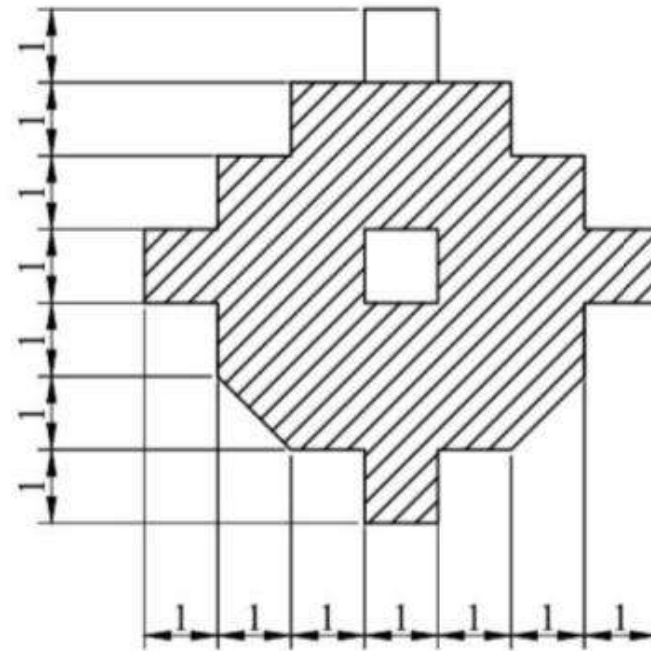
$$\frac{h}{a} = \frac{0,5}{k}$$

$$k = \frac{a \cdot 0,5}{h} = \frac{1 \cdot 0,5}{0,866} = 0,577\text{м}$$

Смоченный периметр



$$\chi = 31 + 2\sqrt{2}$$



$$\chi = 25 + 2\sqrt{2}$$

3. Гидравлический радиус



Гидравлический радиус

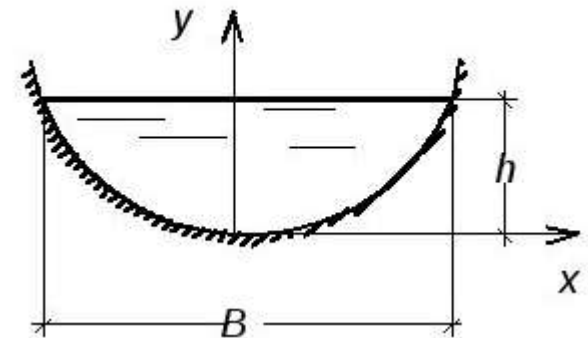
Гидравлический радиус – это характерный размер потока жидкости, он равен отношению площади живого сечения к смоченному периметру, $R=\omega/\chi$, м.

Он показывает эффективность формы русла (чем больше R , тем меньше трение о стенки), изменяется в метрах. Формула описывает связь потока жидкости с твердыми стенками трубопровода и используется в расчетах открытых русел (рек, каналов) и закрытых трубопроводов различного профиля сечения.



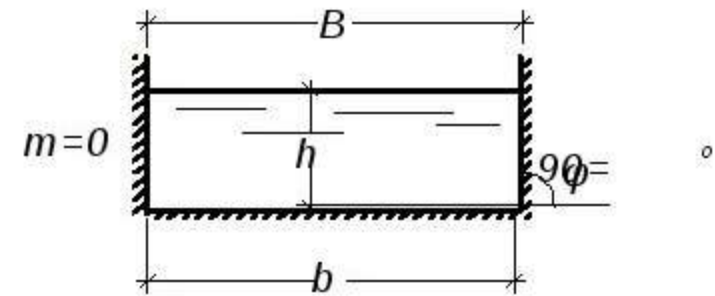
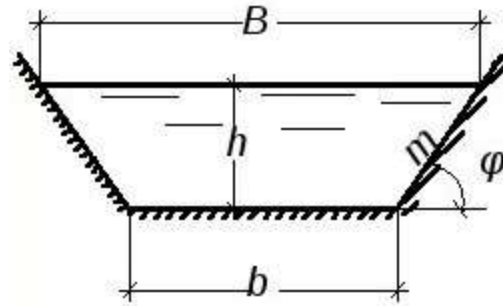
Гидравлический радиус

При всех прочих равных условиях скорость растет с увеличением гидравлического радиуса. При заданном живом сечении и уклоне канал будет пропускать тем больший расход, чем больше гидравлический радиус, а для этого форма должна быть такой, чтобы был меньше смоченный периметр. Известно, что при данной площади наименьший периметр имеет окружность, и трубопроводы (каналы) круглого и полукруглого сечений имеют гидравлически наивыгоднейшую форму.



Гидравлический радиус

Далее идут сечения в форме половин правильных многоугольников, например шестиугольника – равнобочная трапеция, описанная около полуокружности, половина квадрата и т.п. Для них гидравлический радиус равен половине глубины наполнения $R=h/2$.



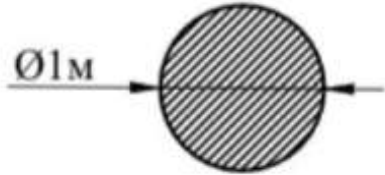
Гидравлический радиус

В инженерной практике наиболее употребительны каналы трапецеидального сечения, каналы полукруглого сечения. Для земляных каналов выбирают трапецеидальную форму, принимая угол наклона стенок не круче угла естественного грунта.



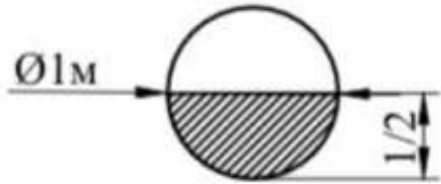
Гидравлический радиус

1)



$$R_1 = \frac{\omega_1}{\chi_1} = \frac{0,785\text{м}^2}{3,14\text{м}} = 0,25\text{м}$$

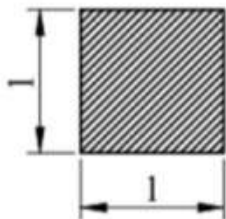
2)



$$R_2 = \frac{\omega_2}{\chi_2} = \frac{0,393\text{м}^2}{1,57\text{м}} = 0,25\text{м}$$

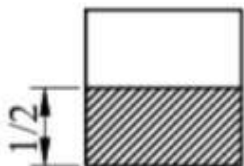
Гидравлический радиус

3)



$$R_3 = \frac{\omega_3}{\chi_3} = \frac{1\text{ м}^2}{4\text{ м}} = 0,25\text{ м}$$

4)



$$R_4 = \frac{\omega_4}{\chi_4} = \frac{0,5\text{ м}^2}{2\text{ м}} = 0,25\text{ м}$$

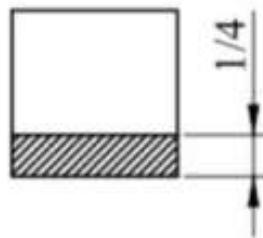
Гидравлический радиус

5)



$$R_5 = \frac{\omega_5}{\chi_5} = \frac{0,75\text{м}^2}{2,5\text{м}} = 0,3\text{м}$$

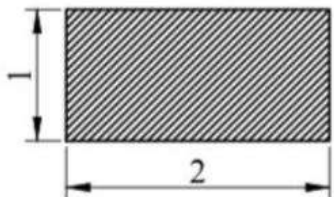
6)



$$R_6 = \frac{\omega_6}{\chi_6} = \frac{0,25\text{м}^2}{1,5\text{м}} = 0,167\text{м}$$

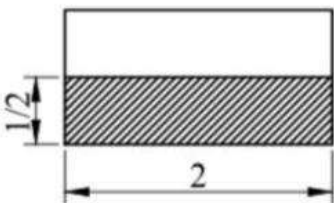
Гидравлический радиус

7)



$$R_7 = \frac{\omega_7}{\chi_7} = \frac{2\text{м}^2}{6\text{м}} = 0,333\text{м}$$

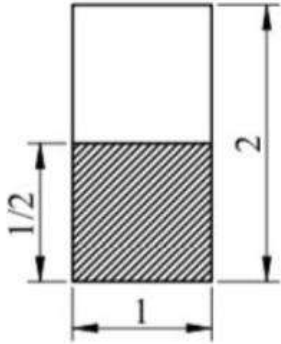
8)



$$R_8 = \frac{\omega_8}{\chi_8} = \frac{1\text{м}^2}{3\text{м}} = 0,333\text{м}$$

Гидравлический радиус

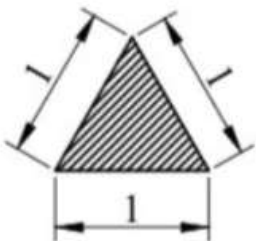
9)



$$R_9 = \frac{\omega_9}{\chi_9} = \frac{1\text{ м}^2}{3\text{ м}} = 0,333\text{ м}$$

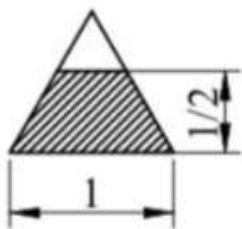
Гидравлический радиус

10)



$$R_{10} = \frac{\omega_{10}}{\chi_{10}} = \frac{0,433\text{м}^2}{3\text{м}} = 0,144\text{м}$$

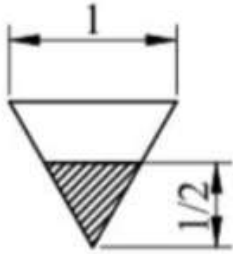
11)



$$R_{11} = \frac{\omega_{11}}{\chi_{11}} = \frac{0,329\text{м}^2}{2,634\text{м}} = 0,125\text{м}$$

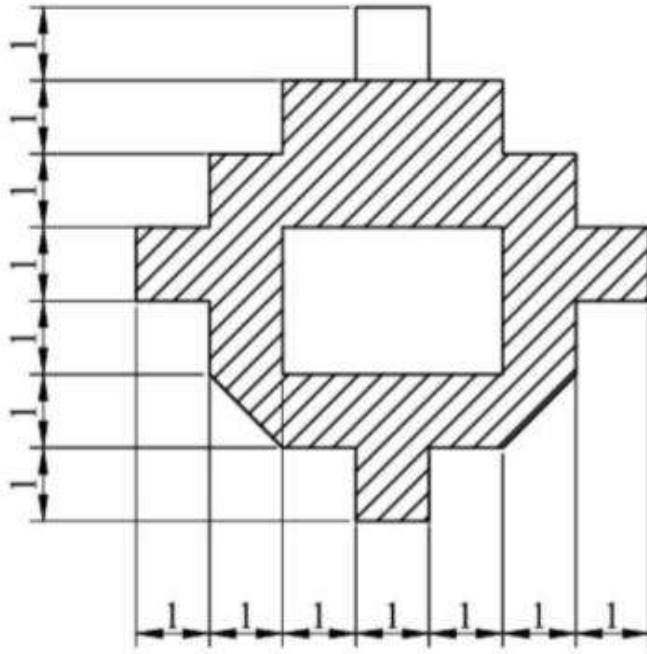
Гидравлический радиус

12)

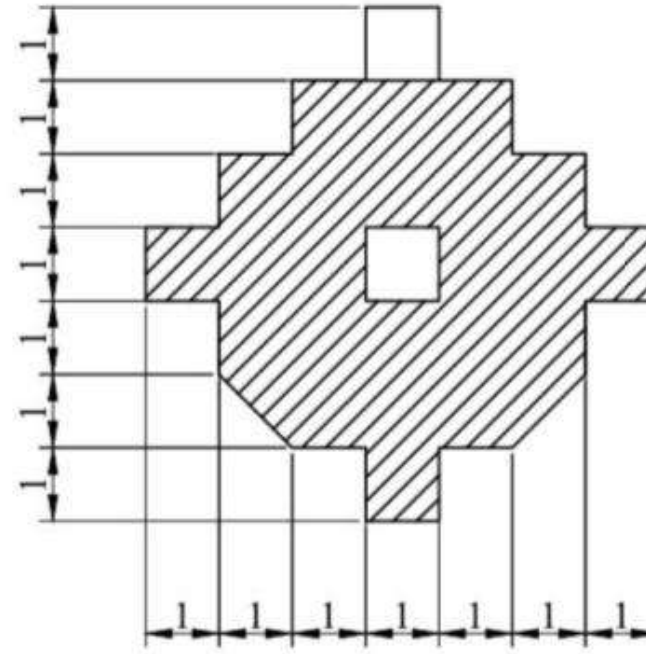


$$R_{12} = \frac{\omega_{12}}{\chi_{12}} = \frac{0,144\text{м}^2}{1,154\text{м}} = 0,125\text{м}$$

Гидравлический радиус



$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{19M^2}{31 + 2\sqrt{2}M} = 0,562M$$



$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{24M^2}{25 + 2\sqrt{2}M} = 0,683M$$

4. Коэффициент объемного сжатия



Коэффициент объемного сжатия

Сжимаемость капельных жидкостей под действием давления характеризуется **коэффициентом объемного сжатия**, β_v (бетта), который представляет собой относительное изменение объема жидкости на единицу изменения давления при постоянной температуре:

$$\beta_v = \frac{1}{V_1} * \frac{|\Delta V| \text{ м}^3}{\Delta P \text{ Н}}$$

где V_1 - первоначальный объем жидкости, м³,

$|\Delta V|=V_2-V_1$ — изменение этого объема по модулю, м³

$\Delta P=P_2-P_1$ — изменение давления, Па.

Коэффициент объемного сжатия

Модуль в этой формуле обусловлен тем, что положительному приращению давления соответствует отрицательное приращение (уменьшение) объема жидкости.

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

$$E_0 = \frac{1}{\beta_v} \cdot \frac{H}{\text{м}^2}$$

Коэффициент объемного сжатия

Коэффициент объемного сжатия капельных жидкостей мало меняется при изменении температуры и давления (таблица 2.1), в среднем для воды:

$$\beta_v^{\text{вода}} = \frac{1}{2,1 * 10^9}, \frac{\text{м}^2}{\text{Н}} \quad \text{или} \quad E_0^{\text{вода}} = 2,1 * 10^9 \text{ Па}$$

Вода обладает низкой сжимаемостью, что соответствует высокому модулю объемного сжатия. При изменении температуры модуль упругости может незначительно меняться.

Коэффициент объемного сжатия

$$\beta_v^{\text{вода}} = \frac{1}{2,1 * 10^9} \frac{\text{м}^2}{\text{Н}} \quad \text{или} \quad E_0^{\text{вода}} = 2,1 * 10^9 \text{ Па}$$

Таким образом, при повышении давления на 1 атмосферу (10^5 Па), объем воды уменьшается на 1/21000 часть первоначальной величины.

Коэффициент объемного сжатия

Таблица 2.1
Значения коэффициента объемного сжатия воды при разных
температурах и давлениях

t, °C	$\beta_v^{\text{вода}} \cdot 10^{-10}, \text{Па}^{-1}$ при давлении					
	10^5 Па	$5 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$10 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$20 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$39 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$78 \cdot 10^5 \text{ Па}$
0	5,05	5,4	5,37	5,31	5,23	5,15
5	4,8	5,29	5,23	5,18	5,08	4,93
10	4,75	5,23	5,18	5,08	4,98	4,81
15	4,65	5,18	5,1	5,03	4,88	4,7
20	4,59	5,15	5,05	4,95	4,81	4,6
40	4,42					
60	4,4					

Коэффициент объемного сжатия

Коэффициент объемного сжатия для других капельных жидкостей имеет примерно тот же порядок. В подавляющем большинстве случаев, встречающихся в практической деятельности инженера-сантехника, изменения давления не достигнут больших величин, и поэтому сжимаемостью воды можно пренебречь, считая удельный вес и плотность ее не зависящей от давления.

Прочность жидкости на разрыв при решении практических задач не учитывается.



5. Коэффициент температурного расширения



Коэффициент температурного расширения

Температурное расширение капельных жидкостей характеризуется **коэффициентом линейного температурного расширения** (КТЛР) β_t , выражающим относительное увеличение объема жидкости при увеличении температуры на 1 градус при постоянном давлении:



Коэффициент температурного расширения

$$\beta_t = \frac{1}{V_1} * \frac{\Delta V}{\Delta t}, \frac{1}{\text{град}}$$

где V_1 - первоначальный объем жидкости, м³,
 $\Delta V = V_2 - V_1$ — изменение этого объема, м³,
 $\Delta t = t_2 - t_1$ — изменение температуры, град

Коэффициент температурного расширения

Таблица 2.2

Коэффициент температурного расширения воды

Давление, ат	$\beta_t^{\text{вода}}$, 1/град, при температуре, °С				
	1-10	10-20	40-50	60-70	90-100
1,02	0,000014	0,00015	0,000422	0,000556	0,000719
10	0,000043	0,000165	0,000422	0,000548	0,000714
200	0,00072	0,000183	0,000426	0,000539	0,000688
500	0,000149	0,000236	0,000429	0,000523	0,000661
900	0,000229	0,000294	0,000437	0,000514	0,000621

Коэффициент температурного расширения

Коэффициент температурного расширения капельных жидкостей, как это видно из таблицы, незначителен. Так, для воды при температуре от 10 до 20 градусов Цельсия и давлении 10^5 Па $\beta_t^{\text{вода}} = 0,00015$ 1/град.



Коэффициент температурного расширения

Данный коэффициент обязательно учитывается в строительстве и машиностроении для учета деформаций при температурных перепадах, например, кирпич $\beta_t = 5-7 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$, (что означает расширение на 0,005-0,007 мм на каждый метр длины при повышении температуры на 1 °C), железо $\beta_t = 11,3 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$, резина $\beta_t = 100-300 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$, огнеупорный кирпич $\beta_t = 3,7 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$, бетон $\beta_t = 9-12 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$, дерево $\beta_t = 3-6 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$.



Коэффициент температурного расширения

Коэффициент температурного расширения учитывается при проектировании температурно-усадочных швов в длинных кирпичных стенах для предотвращения растрескивания.

Коэффициенты линейного расширения стали и бетона близки по значению, что обеспечивает совместную работу арматуры в бетоне.



Коэффициент температурного расширения

Коэффициенты линейного теплового расширения дерева значительно ниже, чем у металлов. Этот показатель сильно зависит от породы дерева, направления волокон вдоль или поперек и влажности, при этом температурное расширение часто нивелируется усушкой/разбуханием. Древесина больше реагирует на изменение влажности, чем на изменение температуры. Для большинства строительных расчетов при перепадах температур дерево считается стабильным материалом.



Коэффициент температурного расширения

Плотность и удельный вес капельных жидкостей мало изменяются с изменением давления и температуры. Можно приближенно считать, что плотность не зависит от давления, а определяется только температурой. Приближенное соотношение для расчёта изменения плотности капельных жидкостей с изменением температуры можно посчитать по формуле:

$$\rho_t = \rho_{t^0} \frac{1}{1 + \beta_t(T - T_0)}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Коэффициент температурного расширения

Способность жидкостей менять плотность (удельный вес) при изменении температуры широко используется для создания естественной циркуляции в котлах, радиаторах, отопительных системах, для удаления продуктов сгорания.



Коэффициент температурного расширения

В отличие от капельных жидкостей газы характеризуются значительной сжимаемостью и высокими значениями коэффициента температурного расширения. Зависимость плотности газов от давления и температуры устанавливается уравнением состояния. Наиболее простым свойством обладает газ, разреженный настолько, что взаимодействие между его молекулами может не учитываться – совершенный (идеальный) газ.



Коэффициент температурного расширения

Для совершенных газов справедливо уравнение Клайперона, позволяющее определять плотность (ρ , кг/м³) газа при известных давлениях (P , Па) и температуре (T , град), т.е.

$$\rho = \frac{P}{RT} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

где R – удельная газовая постоянная, различная для разных газов, но не зависящая от температуры и давления (для воздуха $R=287$ Дж/(кг*град)),

T – абсолютная температура, К.

Коэффициент температурного расширения

Поведение реальных газов в условиях, далеких от сжижения, лишь незначительно отличается от поведения совершенных газов, и для них в широких пределах можно пользоваться уравнениями состояния совершенных газов.

В технических расчётах плотность газа обычно приводят к нормальным физическим условиям ($t=0^{\circ}\text{C}$, $P=101325\text{ Па}$) или к стандартным условиям ($t=20^{\circ}\text{C}$, $P=101325\text{ Па}$).



Коэффициент температурного расширения

Плотность воздуха при $R=287$ Дж/(кг·град) в стандартных условиях по формуле будет равна:

$$\rho_{\text{ст}} = \frac{101325}{287 \cdot (273,15 + 20)} = 1,204 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Плотность воздуха при других условиях определяется по формуле:

$$\rho = \rho_{\text{ст}} \frac{P}{P_{\text{ст}}} \cdot \frac{T_{\text{ст}}}{T}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

6. Вязкость жидкостей, расход



Вязкость

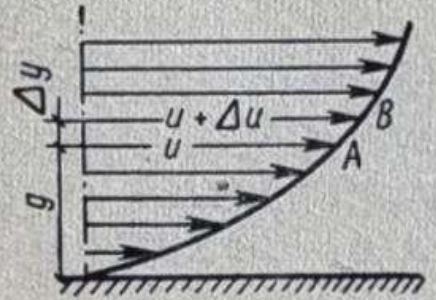
Вязкостью называется свойство жидкостей оказывать сопротивление сдвигу. Все реальные жидкости обладают определенной вязкостью, которая проявляется в виде внутреннего трения при относительном перемещении смежных частиц жидкости. Наряду с легко подвижными жидкостями (например, водой, воздухом) существуют очень вязкие жидкости, сопротивление которых сдвигу весьма значительно (глицерин, тяжелые масла и др.). Таким образом, вязкость характеризует степень текучести жидкости или подвижности ее частиц.



Вязкость

Пусть жидкость течет вдоль плоской стенки параллельными ей слоями (рис. В.2), как это наблюдается при ламинарном движении. Вследствие тормозящего влияния стенки слои жидкости будут двигаться с разными скоростями, значения которых возрастают по мере отдаления от стенки.

Рис. В.2. Распределение скоростей при течении жидкости вдоль твердой стенки



Вязкость

Тогда аналогично явлению сдвига в твердых телах мы получим следующую зависимость между напряжением и деформацией:

$$\tau = \mu \frac{\Delta u}{\Delta y'}, \frac{H \cdot c}{\text{м}^2}$$

или, если слои будут находиться бесконечно близко друг к другу,

$$\tau = \mu \frac{du}{dy'}, \frac{H \cdot c}{\text{м}^2}$$

Вязкость

Вязкость жидкостей в сильной степени зависит от температуры; при этом вязкость капельных жидкостей при увеличении температуры уменьшается, а вязкость газов возрастает.

Так, для чистой пресной воды зависимость динамической вязкости от температуры определяется по формуле Пуазейля

$$\mu = \frac{0,0179}{1 + 0,0368 \cdot t + 0,000221 \cdot t^2} , \text{Пауз}$$

где μ – абсолютная (динамическая) вязкость жидкости в П;

t – температура в °С

Вязкость

С увеличением температуры от 0 до 100°C, вязкость воды уменьшается почти в 7 раз (см. табл. В.6). При температуре 20°C динамическая вязкость воды равна 0,001 Па·с = 0,01 П.

Таблица В.6

Зависимость плотности ρ , кинематической ν и динамической μ вязкости воды от температуры

Температура, °C	ρ , кг/м ³	$\nu \cdot 10^{-4}$, м ² /с	$\mu \cdot 10^{-3}$, Па·с
0	999,9	0,0179	1,79
4	1000	0,0152	1,57
20	998	0,0101	1,01
40	992	0,0066	0,65
60	983	0,0048	0,48
80	972	0,0037	0,36
90	965	0,0033	0,31
99	959	0,0028	0,27

Вязкость

Вода принадлежит к наименее вязким жидкостям. Лишь немногие из практически используемых жидкостей (например, эфир и спирт) обладают несколько меньшей вязкостью, чем вода. Наименьшую вязкость имеет жидкая углекислота (в 50 раз меньше вязкости воды). Все жидкие масла обладают значительно более высокой вязкостью, чем вода (касторовое масло при температуре 20°C имеет вязкость в 1000 раз большую, чем вода при той же температуре).



Вязкость

В табл. В.7 приведены значения вязкости некоторых жидкостей.

Таблица В.7

Кинематическая ν и динамическая μ вязкости капельных жидкостей
при температуре 20°C

Жидкость	μ , Па·с	$\nu \cdot 10^{-4}$, м ² /с
Вода пресная	0,00101	0,01012
Глицерин безводный	0,512	4,1
Керосин при 15°C	0,0016-0,0025	0,02-0,03
Бензин при 15°C	0,0006-0,00065	0,0083-0,0093
Масло касторовое	0,972	10,02
Масло минеральное	0,0275-1,29	0,313-14,5
Нефть при 15°C	0,007-0,008	0,081-0,093
Ртуть	0,0015	0,00111
Спирт этиловый безводный	0,00119	0,0151

Вязкость

Наряду с понятием абсолютной или динамической вязкости в гидравлике находит применение понятие кинематической вязкости, представляющей собой отношение абсолютной вязкости к плотности жидкости: $\nu = \mu / \rho$.

Эта вязкость названа кинематической, так как в ее размерности отсутствуют единицы силы.

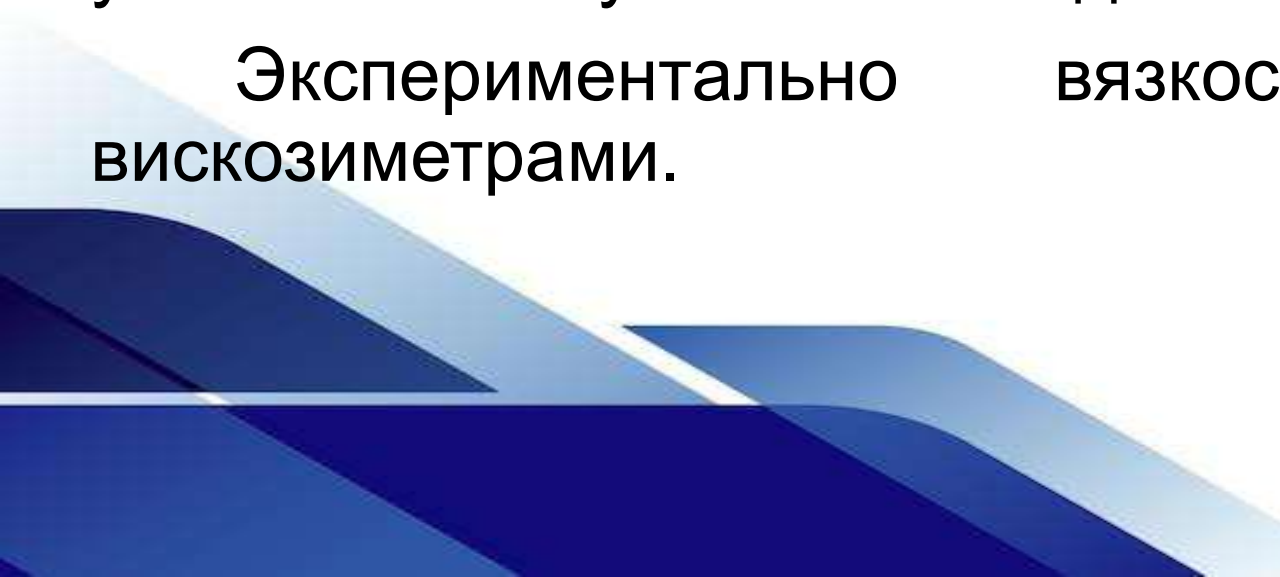


Вязкость

Кинематическая вязкость капельных жидкостей при давлениях, встречающихся в большинстве случаев на практике (до 200 ат), весьма мало зависит от давления, и этим изменением в обычных гидравлических расчетах пренебрегают.

Кинематическая вязкость газов зависит как от температуры, так и от давления, возрастая с увеличением температуры и уменьшаясь с увеличением давления.

Экспериментально вязкость жидкостей определяют вискозиметрами.



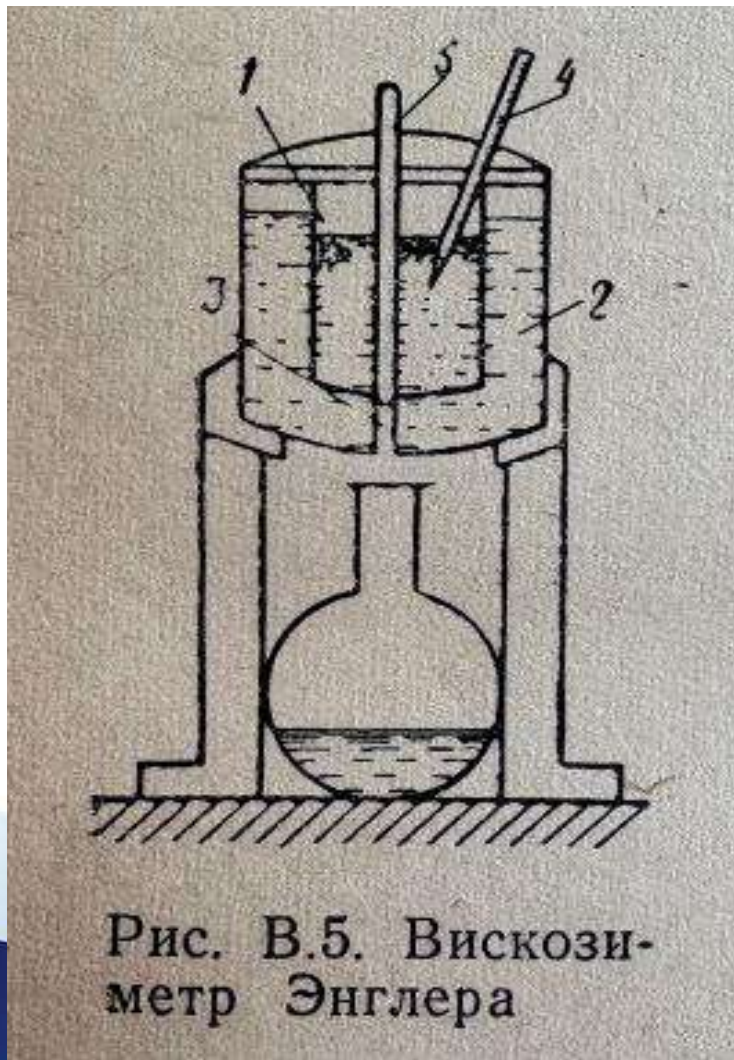


Рис. В.5. Вискозиметр Энглера

Для определения вязкости капельных жидкостей широкое распространение получил вискозиметр Энглера (рис. В.5), который представляет собой сосуд 1, окруженный водяной ванной 2 с водой определенной температуры. Ко дну резервуара припаяна латунная цилиндрическая трубка 3, в которую вставлен платиновый насадок. Размеры насадка, как и всего прибора, стандартные. Температуру изучаемой жидкости измеряют термометром 4.

В сосуд 1 наливают испытуемую жидкость, подогревают ее до заданной температуры и затем выпускают из сосуда через насадок (стопорный стержень 5 служит для перекрытия насадка). Снизу ставят колбу и замечают время ее наполнения до заданной метки.

За вязкость по Энглеру принимается отношение времени t_v в истечения 200 см³ испытуемой жидкости ко времени t_v истечения того же объема воды. Таким образом, вязкость по Энглеру (условная вязкость в градусах Энглера), обозначаемая обычно через Э, определяется зависимостью $^{\circ}\text{Э} = t/t_v$.

Для перехода от условной вязкости в градусах Энглера к кинематической вязкости применяется формула Убеллоде:

$$\nu = \left(0,0732^{\circ\text{Э}} - \frac{0,0631}{^{\circ\text{Э}}} \right), \text{ см}^2/\text{с}$$

Расход

Расходом жидкости называется количество жидкости, протекающее в единицу времени через живое сечение потока.

Различают массовый расход: $Q_m = \frac{m}{t}, \text{ кг/с}$

и объемный расход: $Q_v = \frac{V}{t}, \text{ м}^3/\text{с}$



Способы определения расхода:

1) Объемный способ с помощью мерного сосуда и секундомера. Считается одним из самых точных способов определения расхода жидкости. Применяется при лабораторных испытаниях. Неудобство способа заключается в громоздкости оборудования и требуется полный разрыв трубопровода для улавливания потока жидкости.



Способы определения расхода:

2) Ультразвуковой способ с помощью современного прибора менее точен, но не требуется разрыв трубопровода. Данный способ основывается на улавливание возмущений (турбулентности) в потоке в начале и конце измеряемого участка с помощью ультразвуковой волны за единицу времени. Указывает на своем табло значение расхода. Минусы данного способа: сложная установка датчиков прибора, которая требует высокую точность, сложное меню прибора, в котором нужно правильно ввести все необходимые параметры, сомнения по поводу корректности показаний.



Способы определения расхода:

3) С помощью приборов – расходомеров, которые измеряют объем воды, прошедший через него. Расходом объем становится при использовании секундомера и определении объема за время.

4) Скоростной способ – с помощью трубки Пито.



Расход

Скорость потока может быть объемной или массовой.

Объемная скорость потока определяется как объемный расход жидкости Q_v через площадь живого сечения ω потока:

$$v = \frac{Q_v}{\omega}, \text{ м/с}$$

Массовая скорость потока определяется как объемный расход вещества Q_m через площадь живого сечения ω потока:

$$v_m = \frac{Q_m}{\omega} = \rho \cdot v, \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2\text{)}$$

Расход

Уравнение неразрывности потока. При установившемся движении через любое изменяемое поперечное сечение потока в единицу времени проходит одно и то же количество жидкости: $Q_m = Q_{m1} = Q_{m2} = \text{const}$ или $Q_v = Q_{v1} = Q_{v2} = \text{const}$.

Из уравнения неразрывности потока следует, что

$$v\omega = v_1\omega_1 = v_2\omega_2 = \text{const}$$

или

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$