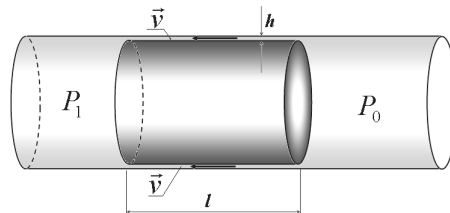


## Задача 2. «Просачивание»

Внутри цилиндрической трубки с внутренним радиусом  $R$  находится сплошной цилиндр длиной  $l$ , радиус которого незначительно отличается от  $R$ . Между стенками трубки и боковой поверхностью цилиндра существует тонкий зазор толщиной  $h$ . Во всех пунктах данной задачи будем полагать, что толщина этого зазора постоянна и  $h \ll R$ . Из этого условия следует, что средняя скорость течения жидкости в зазоре значительно превышает скорость движения цилиндра. Поэтому при расчете сил вязкого трения движением цилиндра можно пренебречь и считать, что сила, действующая на движущийся цилиндр, равна силе, действующей на цилиндр неподвижный.



При протекании жидкости через зазор на стенки трубки и боковую поверхность цилиндра действует со стороны жидкости сила трения (вязкого). Величина этой силы, действующей на единицу площади поверхности (как внутренней поверхности трубки, так и боковой поверхности цилиндра), определяется по формуле

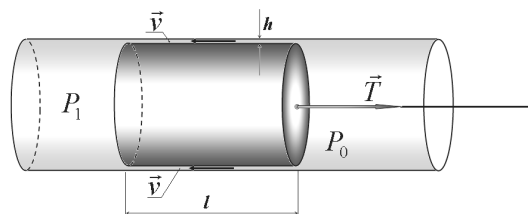
$$f = \gamma \frac{v_{cp.}}{h}, \quad (1)$$

где  $v_{cp.}$  - средняя скорость течения жидкости в зазоре<sup>1</sup>,

$\gamma$  - постоянный коэффициент, зависящий только от свойств жидкости, который считайте известным. Такая же по модулю сила действует и на движущуюся жидкость. Понятно, что для того, чтобы жидкость протекала через зазор, необходимо создать некоторую разность давлений  $\Delta P = P_0 - P_1$  с разных сторон цилиндра.

### 1. Неподвижный цилиндр.

Пусть цилиндр закреплен внутри цилиндра с помощью нити. С разных сторон цилиндра создана разность давлений  $P_0 - P_1 = \Delta P$ .



1.1 Определите среднюю скорость течения жидкости в зазоре  $v_{cp.}$

1.2 Определите расход жидкости (объем, протекающий за единицу времени) в зазоре.

1.3 Определите силу натяжения нити. Почему, и на сколько эта сила отличается от разности сил давления?

### 2. «Тонем и всплываем!»

Трубку с цилиндром расположили вертикали и закрыли ее нижний торец. Верхний торец открыт, жидкость полностью заполняет трубку. Плотность жидкости обозначим  $\rho_0$ , а плотность материала цилиндра  $\rho_1$ , причем  $\rho_1 > \rho_0$ .

2.1 Пусть цилиндр опускается с постоянной скоростью  $u$ . Чему равна средняя скорость движения жидкости в зазоре?



<sup>1</sup> Строго говоря, скорость течения жидкости в зазоре зависит от расстояния до стенки, однако для решения данной задачи нет необходимости рассматривать точное распределение скоростей жидкости, вполне достаточно определить именно среднюю скорость течения в зазоре.

2.2 Определите разность давлений жидкости между нижним и верхним основаниями цилиндра  $\Delta P = P_0 - P_1$ . Почему, и на сколько отличается эта разность давлений от гидростатического давления столба жидкости в зазоре?

2.3 Найдите скорость  $u$ , с которой будет опускаться цилиндр.

Рассмотрим всплытие цилиндра. Пусть плотность материала цилиндра меньше плотности жидкости  $\rho_1 < \rho_0$ .

2.4 Определите разность давлений жидкости между нижним и верхним основаниями цилиндра  $\Delta P = P_0 - P_1$  в этом случае.

2.5 Определите скорость  $u$ , с которой будет всплывать цилиндр.

### **Задача 3. «Морской бой»**

*Данную задачу предлагаем Вам решить графическим методом. Для решения задачи необходимы линейка и карандаш. Все необходимые построения и измерения проделывайте на отдельном выданном Вам листе. Не забудьте вложить этот лист в вашу тетрадь!*

На рисунке изображено взаимное расположение двух кораблей. Начало системы координат выбрано в точке, в которой первоначально находится корабль А. Две клетки соответствуют расстоянию в 1 км. Скорость кораблей одинакова по модулю и равна 10 м/с. Скорость корабля А направлена под углом  $30^\circ$  к оси ОУ.

#### **1. Выход на боевую позицию.**

1.1 Определите, с какой скоростью корабль А движется относительно корабля Б. Укажите модуль этой скорости  $|\vec{v}_{АотнБ}|$  и угол  $\alpha$ , образованный вектором скорости с осью ОХ.

1.2 Определите минимальное расстояние между кораблями  $S_{мин}$ .

1.3 Какое время будут двигаться корабли до сближения на минимальное расстояние  $t_{мин}$ ?

1.4 Определите координаты кораблей  $x_A$ ,  $y_A$  и  $x_B$ ,  $y_B$  в этот момент времени.

#### **2. Атака.**

2.1 В момент сближения на минимальное расстояние корабль Б осуществляет запуск торпеды, скорость которой относительно корабля  $|\vec{v}_{ТотнБ}|$  составляет 20 м/с. Под каким углом  $\beta$  к направлению движения корабля Б необходимо выпустить торпеду, чтобы поразить корабль А?

2.2 Чему равна скорость движения торпеды относительно воды  $|\vec{v}_{ТотнВ}|$ , и под каким углом  $\gamma$  к оси ОХ она направлена?

2.3 Какое время  $t_T$  понадобится торпедой для достижения цели?

2.4 Где будет находиться корабль А ( $x_{А1}$ ,  $y_{А1}$ ) в момент попадания торпеды?

*Примечание. Значения углов можете определять приближенно, правильно считая клеточки!*