

СИЛЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ МЕЖДУ ДВУМЯ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ ЖИДКОСТИ

Бражников А.В.

ФГАОУ ВПО "Сибирский федеральный университет", Красноярск, Россия
mulyrpha@mail.ru

Определим модуль силы, действующей на два точечных стока (I1 и I2) идеальной жидкости, находящихся на расстоянии R друг от друга внутри массива указанной жидкости, объем которого стремится к бесконечности.

Пусть во всем рассматриваемом массиве жидкость пребывала в состоянии покоя вплоть до момента помещения в нее этих стоков.

Совместим начало координат с точкой, в которой находится сток I1. При таком выборе системы координат все частицы жидкости и сток I2 движутся по направлению к стоку I1.

Выделим в окрестности стока I2 сферу dw_2 радиусом dr , где dr стремится к нулю. Масса жидкости, которая находится в области dV , ограниченной сферой dw_2 , равна dm , где dV и dm стремятся к нулю. Проекция на ось Oх (на которой лежат оба стока) векторов скорости движения всех частиц жидкости, находящихся на поверхности и внутри сферы dw_2 , можно считать одинаковыми для всего объема dV (из-за малости радиуса dr) и равными u_1 . В соответствии с уравнением неразрывности (уравнением сплошности):

$$u_1 = Q_1 / (w_1 r), \quad (1)$$

где Q_1 - объемный расход жидкости через сток I1; $w_1 r$ - живое сечение потока жидкости на расстоянии R от стока I1 (в случае точечного стока I1 - $w_1 r$ имеет форму сферы с радиусом R); $w_1 r = 4 \cdot \pi \cdot R^2$; $\pi = 3,14159$.

Через интервал времени dt (где dt стремится к нулю) масса жидкости dm (т.е. объем жидкости dV) будет поглощена стоком I2, а проекции на ось Oх векторов скорости движения всех частиц жидкости, находившихся в объеме dV и поглощенных стоком I2, станут равными нулю.

В соответствии с гидравлическим уравнением количества движения (уравнением импульсов) сила, действующая на сток I2 со стороны стока I1, определяется по формуле

$$F \cdot dt = \text{Mod}(D_{ux}) \cdot dm, \quad (2)$$

где $\text{Mod}(Z)$ – модуль некоторой величины Z ; D_{ux} - разность проекций векторов начальной и конечной скоростей движения элементарной массы dm на ось Oх;

$$D_{ux} = \text{Mod}(0 - u_1) = u_1. \quad (3)$$

Из (2) с учетом (3) получаем:

$$F = u_1 \cdot Q_{m2}, \quad (4)$$

где Q_{m2} - массовый расход жидкости через сток I2;

$$Q_{m2} = dm/dt = \rho \cdot Q_2; \quad (5)$$

ρ - плотность жидкости; Q_2 - объемный расход жидкости через сток I2.

С учетом (1) и (5) выражение (4) можно записать следующим образом:

$$F = Q_1 \cdot Q_{m2} / w_1 r = \rho \cdot Q_1 \cdot Q_2 / (4 \cdot \pi \cdot R^2) = Q_{m1} \cdot Q_{m2} / (4 \cdot \pi \cdot \rho \cdot R^2), \quad (6)$$

где Q_{m1} - массовый расход жидкости через сток I1; $Q_{m1} = \rho \cdot Q_1$.