

Как видно из рис. 4 и 5, в некоторый момент времени связь исчезает, т.е. $x^2 + y^2 < l_0^2$ и груз начинает двигаться под действием силы тяжести, как свободная материальная точка. В последующих движениях мгновенное возникновение связи приводит к изменению направления движения груза.

Список литературы

1. Бертяев В.Д. Теоретическая механика на базе Mathcad. Практикум: учебное пособие // СПб, БХВ. – СПб., 2005. – 752 с.
2. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. ч. 1, 2. – М.: Наука, 1983.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СТАБИЛИЗАЦИИ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ОДНОМЕРНОГО ПОТОКА ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ

Богма А.Е.

Тульский государственный университет, Тула,
e-mail: tm@tsu.tula.ru

Выясним, какие факторы влияют на быстроту стабилизации неустановившегося ламинарного потока вязкой жидкости в открытом коллекторе прямоугольного сечения без учета трения о боковые стенки (рис. 1).

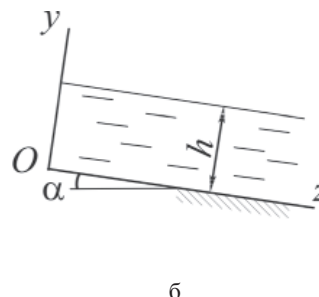
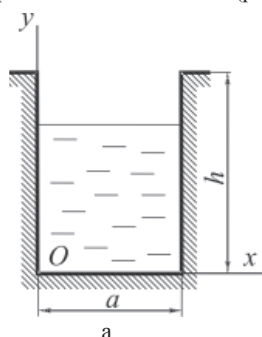


Рис. 1. Схема сливного коллектора прямоугольного сечения

Для удобства анализа формул (1) и (2) запишем их в безразмерном виде, для чего, разделив выражения (1) и (2) соответственно на максимальные значения скорости и расхода, получим:

$$\bar{V} = (2 - \bar{y})\bar{y} - 32 \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\sin(\omega_m \frac{\bar{y}}{2})}{\omega_m^3 \exp(\omega_m^2 \frac{F_0}{4})}; \quad (3)$$

$$\bar{Q} = 1 - 96 \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\exp(\omega_m^2 \frac{F_0}{4})}{\omega_m^4}, \quad (4)$$

где $\bar{y} = \frac{y}{h}$ – безразмерная координата, изменяющаяся в пределах $0 \leq \bar{y} \leq 1$; $F_0 = \frac{vt}{h^2}$ – число Фруда (безразмерное время).

В работе [1] решена одномерная задача по определению скорости и объемного расхода потока жидкости при ламинарном и нестационарном режиме движения. Формулы скорости V и объемного расхода Q соответственно имеют вид:

$$V(y,t) = \frac{gi}{6v} y(2h-y) - \frac{2gi}{hv} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\exp(-\omega_m^2 vt)}{\omega_m^3} \sin \omega_m y; \quad (1)$$

$$Q = \frac{agih^3}{3v} - \frac{2agi}{hv} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\exp(-\omega_m^2 vt)}{\omega_m^4}, \quad (2)$$

где y – координата по глубине потока; t – время; g – ускорение свободного падения; $i = \sin \alpha \approx \alpha$ – уклон коллектора; v – кинематическая вязкость жидкости; h – глубина потока; ω_m – собственное число, определяемое по формуле;

$$\omega_m = (2m-1) \frac{\pi}{2h};$$

a – условная ширина коллектора.

Заметим, что с математической точки зрения поток жидкости становится установившимся, когда вторые слагаемые в равенствах (3) и (4) обращаются в ноль. Это означает, что скорость и объемный расход достигли своих максимумов и далее от времени зависеть не будут. Очевидно, безразмерные величины \bar{V} и \bar{Q} изменяются в пределах оси от 0 до 1.

По формулам (3) и (4) проведены вычисления и построены кривые изменения эпюры скоростей и расхода в зависимости от числа Фурье F_0 (рис. 2).

Анализ формул (3) и (4), а также построенных графиков позволяет сделать вывод, что на стабилизацию потока жидкости существенное влияние оказывают два фактора: вязкость жидкости и глубина потока. Чем больше глубина потока, тем медленнее наступает его стабилизация и наоборот. С уменьшением вязкости жидкости стабилизация потока наступает быстрее.

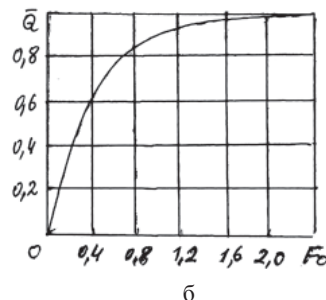
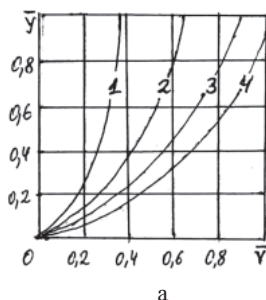


Рис. 2. Изменение эпюры скоростей потока жидкости (а) и объемного расхода (б):
1 – $F_0 = 0.2$; 2 – $F_0 = 0.4$; 3 – $F_0 = 0.8$; 4 – $F_0 = 2$

Из условия равенства нулю второго слагаемого соотношения (4) с требуемой степенью точности можно определить время стабилизации потока. Для определённости положим, что время определено с точностью до некоторой величины

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_0}{10^n},$$

где ε_0 любая из цифр 1, 2, ..., 9, а n – любое натуральное число. Так как ряд сходится быстро, то можно взять один член разложения, т.е. $m = 1$. Тогда будем иметь:

$$\frac{96}{\pi^4} \exp\left(\frac{-\pi^2 \nu t_c}{4 h^2}\right) = \frac{\varepsilon_0}{10^n},$$

здесь t_c – время стабилизации потока.

Решая последнее уравнение относительно t_c , получим:

$$t_c = \frac{4}{\pi^2} \ln\left(\frac{96 \cdot 10^n}{\pi^4 \varepsilon_0}\right) \frac{h^2}{\nu}. \quad (5)$$

Отсюда следует, что время перехода нестационарного движения в стационарное пропорционально квадрату глубины потока h и обратно пропорциональна её вязкости ν .

Из формулы (5) при $\varepsilon_0 = 1$, $n = 2$ имеем относительную погрешность 1% и

$$t_c = 1,861 \frac{h^2}{\nu}. \quad (6)$$

Например, при $h = 26$ см, $\nu = 5,8$ см, получим:

$$t_c = 1,861 \frac{h^2}{\nu} = 1,861 \frac{26^2}{5,8} = 217c.$$

Для более полного исследования нестационарного движения жидкости необходимо решать двухмерную задачу.

Список литературы

1. Неустановившееся безнапорное ламинарное движение вязкой жидкости в трубопроводе прямоугольного сечения / С.С. Маркелов и др. // Известия ВУЗов «Нефть и газ». – 971. – № 12. – С. 77–80.

РАЗМЕРНОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН В СИСТЕМЕ ИЗМЕРЕНИЙ СБК-2ЛТ

Бражников А.В., Белозеров И.Р.

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: multypha@mail.ru

В работе [6] представлено краткое описание системы единиц физических величин СБК-2ЛТ, имеющей две основные размерности и, соответственно, две основные единицы измерения физических величин. Однако в [6] из-за ограниченности объема публикации описаны лишь принципы, положенные в основу построения этой системы измерений, и приведены размерности лишь для некоторых физических величин (таких как масса, электрический заряд, количество магнетизма, X -заряд [4], сила электрического тока, электрическое сопротивление и электрическая проводимость).

Целью данной работы является составление таблицы размерностей физических величин для системы измерений СБК-2ЛТ, охватывающей значительно большее количество физических величин. Эта статья является продолжением работы [6], дополняющим последнюю.

В основе системы единиц физических величин СБК-2ЛТ лежит международная систем единиц физических величин СИ. При этом система СБК-2ЛТ получена не в результате искусственного подбора базовых размерностей и основных единиц измерения, а в результате естественной трансформации системы СИ в сторону ее упрощения на основе закона бинарной комплементарности фундаментальных взаимодей-

ствий [4], дипольно-тоннельной гидродинамической теории гравитационного взаимодействия и электромагнитных явлений [2, 3 и др.] и постулатов о тождественности фундаментальных зарядов [5].

Аббревиатура «СБК» в названии системы СБК-2ЛТ расшифровывается как «Система единиц физических величин, основанная на законе Бинарной комплементарности фундаментальных взаимодействий», а «2» – это количество основных (базовых) размерностей системы СБК-2ЛТ, которыми являются две размерности: L – размерность длины и T – размерность времени. Соответственно основными единицами СБК-2ЛТ являются «метр» (m) и «секунда» (s) для всех физических величин, как механики, так и электричества и магнетизма.

При этом (на основании [2-6]) единицы измерения «килограмм» (kg) и «ампер» (A), использующиеся в системе СИ, выражаются следующим образом:

$$1 \text{ кг} = \frac{4\pi G^*}{c^*} \text{ м}^2/\text{с} \approx 2,796944143 \cdot 10^{-18} \text{ м}^2/\text{с}; \quad (1)$$

$$1 \text{ А} = \sqrt{4\pi G^* \mu_0^*} \text{ м}^2/\text{с}^2 \approx 3,246064762 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}^2, \quad (2)$$

где G^* – безразмерная величина, численно равная значению гравитационной постоянной в системе СИ; $G^* = 6,67259(85) \cdot 10^{-11}$; c^* – безразмерная величина, численно равная значению скорости света в вакууме в системе СИ; $c^* \approx 2,99792458 \cdot 10^{-8}$; μ_0^* – безразмерная величина, численно равная значению магнитной постоянной в системе СИ; $\mu_0^* \approx 12,566370614 \cdot 10^{-7}$; $\pi \approx 3,14159$.

Выражения (1) и (2) получены следующим образом.

В [5] представлены два постулата о тождественности фундаментальных зарядов, которые являются дополнениями к закону бинарной комплементарности фундаментальных взаимодействий, сформулированному в [4] авторами данной статьи. Область действия постулатов охватывает вакуум (а также, возможно, другие среды) и распространяется на четыре вида фундаментальных взаимодействий, – гравитационное, магнитное, электрическое и фундаментальное X -взаимодействие (о нем см. [4]). При формулировке постулатов сильное и слабое взаимодействия не принимались в рассмотрение, поскольку до сих пор не доказана «самостоятельность» этих взаимодействий, т.е. их несводимость к перечисленным выше взаимодействиям или к комбинациям последних. Существуют гипотезы и теории, в соответствии с которыми сильное и слабое взаимодействия являются специфическими проявлениями перечисленных выше или более общих (например, теория «Великого объединения») взаимодействий при малых расстояниях между объектами взаимодействий [2, 3, 8 и др.].

Под фундаментальными зарядами здесь и в [4-6] подразумеваются: количество электричества (электрический или, иначе, кулоновский заряд) – при электрическом взаимодействии; количество магнетизма – при магнитном взаимодействии; масса (гравитационный заряд) – при гравитационном взаимодействии; X -заряд – при фундаментальном X -взаимодействии, комплементарном гравитационному взаимодействию (краткая характеристика фундаментального X -взаимодействия представлена в [4]).

В соответствии с первым из упомянутых выше постулатов [5] все фундаментальные заряды тождественны друг другу по размерности. Согласно второму постулату [5] фундаментальные заряды разного типа могут быть тождественны друг другу по абсолютному значению.

Фундаментальные заряды q_I и q_{II} разного типа (например, q_I – электрический заряд, а q_{II} – масса) считаются равными друг другу, т.е.

$$q_I = q_{II}, \quad (3)$$