

**Ш.А.Гуламов**

**Андижанский государственный медицинский институт**

**РАСЧЁТ ДИАМЕТРА ФОРСУНКИ (КАПИЛЯРА) И ВРЕМЕНИ  
ЗАПОЛНЕНИЯ СОСУДА ДЛЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ**

**Аннотция:** В данной статье представлены результаты расчёта диаметра форсунки дозирующего устройства и времени заполнения сосуда для жидкостей в виде лекарственных веществ. Основным результатом работы является полученное аналитического выражения между диаметром форсунки, плотностью жидкости и коэффициентом поверхностного натяжения жидкости.

Ключевые слова: форсунку, капилляр

**Sh.A.Gulamov**

**Andijan State Medical Institute**

**CALCULATION OF THE DIAMETER OF THE NOZZLE (CAPILLAR)  
AND THE TIME OF FILLING THE VESSEL FOR MEDICINES**

**Annotation:** This article presents the results of calculating the diameter of the nozzle of the dosing device and the filling time of the vessel for liquids in the form of medicinal substances. The main result of the work is the obtained analytical expression between the diameter of the nozzle, the density of the liquid and the coefficient of surface tension of the liquid.

**Keywords:** nozzle, capillary

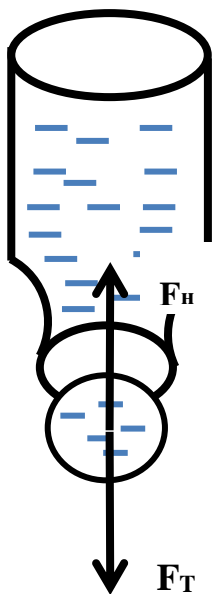
**Актуальность.** С развитием рынка лекарств в области промышленной фармации, большое внимание уделяется качеству розлива и упаковки лекарственных препаратов (ЛП). Создаются современные оборудования для розлива, наполнения и упаковки жидких лекарственных средств \1\. Основными элементами таких устройств являются дозирующие устройства. Дозированный розлив ЛП в специальные сосуды осуществляется через разливочную головку (форсунку, капилляр).

Для разработчиков и изготовителей оборудования для розлива ЛП необходимо знать расчет оптимального диаметра форсунки и времени заполнения сосуда.

**Цель.** Целью данной работы является разработка метода расчета диаметра форсунки и времени заполнения сосуда для жидкостей.

**Методика исследования.** Для расчета диаметра форсунки и времени заполнения сосуда для жидкостей применен численный метод расчета.

**Результаты исследования.**



**Рис.1**

Рассмотрим движение капли в форсунку (капилляре) (рис.1). Согласно второго закона Ньютона можно записать:

$$F_T - F_H = ma \quad (1)$$

Где  $F_T$  – сила тяжести, которая равна:

$$F_T = mg \quad (2)$$

$F_H$  – сила поверхностного натяжения жидкости равна:

$$F_H = \sigma \pi D \quad (2)$$

Найдем зависимость массу капли от его диаметра:

$$m = \rho V = \rho \frac{\pi D^3}{6} \quad (3)$$

С учетом ускорения жидкости ( $a = \frac{v}{t}$ ) и выражений (3) и (4) преобразуем формулу (1) в следующий вид:

$$\rho \frac{\pi D^2}{6} \left( g - \frac{v}{t} \right) = \sigma \pi D$$

или

$$\rho D^2 \left( g - \frac{v}{t} \right) = 6\sigma \quad (5)$$

Скорость капли (имеется ввиду скорость, при условии равенства силы гравитации и силы поверхностного натяжения) определим из уравнения непрерывности для жидкостей т.е. из выражения для объёма:

$$V = S l = S \bar{v} t = \frac{\pi D^2}{4} \bar{v} t$$

Где  $\bar{v}$  - средняя скорость капель.

Из полученного выражения найдем среднюю скорость капель:

$$\bar{v} = \frac{4V}{\pi D^2 t} \quad (6)$$

Подставляя выражение (5) в выражение (6) получим:

$$\rho D^2 \left( g - \frac{4V}{\pi D^2 t^2} \right) = 6\sigma$$

где  $V = \frac{\pi D^3}{6}$  - объём капли.

С учетом данного выражения получим:

$$\rho D^2 \left( g - \frac{4D}{3 t^2} \right) = 6\sigma$$

или

$$\rho D^2 g - 6\sigma = \frac{4D^3 \rho}{3 t^2}$$

Из данного уравнения найдём время вытекания одной капли:

$$t = \sqrt{\frac{4\rho D^3}{3(\rho D^2 g - 6\sigma)}} \quad (7)$$

Чтобы время протекания жидкости было минимальным, производная от  $t$  по  $D$  должна быть равна нулю (условие экстремума функции) т.е.  $t' = 0$ . Дифференцируя выражение (7) по  $D$  имеем:

$$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{3(\rho \sigma^2 g - 6\sigma)}{4\rho D^3}} \cdot \frac{12\rho D^2 3(\rho D^2 g - 6\sigma) - 4\rho D^3 6\rho D g}{9(\rho D^2 g - 6\sigma)^2} = 0$$

Отсюда:

$$36 \rho D^2 (\rho D^2 g - 6\sigma) = 24 \rho^2 D^4 g$$

$$(3\rho D^2 g - 6\sigma) = 2\rho D^2 g$$

$$(3\rho D^2 g - 18\sigma) = 2\rho D^2 g$$

$$\rho D^2 g = 18\sigma$$

$$D = \sqrt{\frac{18\sigma}{\rho g}} \quad (8)$$

Согласно (7) и (8) формулы оценим время вытекания одной капли и диаметр форсунки, которые равны соответственно:  $t = 0,047$  с и  $D = 11,2$  мм.

Найдём число капель, которое может вместить сосуд объёмом  $V_0$ , следующим образом:

$$N = \frac{M}{m} = \frac{\rho V_0}{\rho \pi D^3} 6 = \frac{6V_0}{\pi D^3}$$

Где  $M$  – масса жидкости,  $m$  – масса одной капли.

Если предположить, что объём сосуда составляет  $V_0 = 100$  мл =  $10^{-4}$  м<sup>3</sup>, то в такой сосуд поместиться 135 капель данной жидкости.

Тогда время вытекания жидкости объёмом  $V_0$  составит:  $t_0 = N \cdot t = 6,7$  сек.

Данные расчеты сделаны для воды. Для спирта с  $\sigma = 2,2 \cdot 10^{-2}$  Н/м,  $N = 538$ ,  $t = 0,058$  с время  $t_0 = 31,2$  сек.

На основании данной теории можно произвести расчёты по определению  $D$  и  $t$  для смеси воды и спирта, а также для лекарственных препаратов.

Следует отметить, что данные расчёты выполнены без учёта вязкости жидкости.

#### **Выводы:**

1. Разработана теория расчёта диаметра форсунки (капилляра) и времени заполнения сосуда для жидкостей.

2. Произведены оценки расчёта диаметра форсунки (капилляра) и времени заполнения сосуда.
3. Разработанную теорию расчёта можно применить для лекарственных жидкостей.

### **Литература:**

1. Меньшутина Н.В., Мишина Ю.В., Алвес С.В. Инновационные технологии и оборудование фармацевтического производства. Том.1, 2012.