

## УСТАНОВКА ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ

### DEVICE FOR MIXING LIQUIDS

KAPRANOVA YEVGENIYA NIKOLAYEVNA

#### Abstract

The article deals with devices for mixing liquids. It describes the different types of equipment and procedures mixing liquids.

Известны ряд способов и устройств для смешивания жидкостей. По способу [4] смешивание происходит в вертикальной трубе посредством шнека. Для случая смешивания основной жидкости с малым количеством добавок используют конструкцию с изогнутыми продольными каналами [3]. Наиболее универсальным является устройство для получения дозированных смесей [5]. Во всех этих устройствах дозирование ведется по объему жидкости.

Вместе с тем, часто возникает задача дозирования по массе жидкости. В этом случае представляет интерес вибрационно-частотный метод [1,2]. Возьмем конструктивную схему рис. 1.

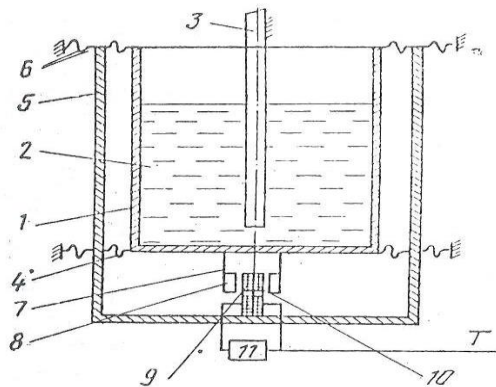


Рис. 1. Конструктивная схема смесителя

Имеется емкость для смешивания 1, которая упругими звеньями 4 соединена с основанием 5. Основание имеет упругую развязку с корпусом за счет пружин (виброопор) 6. Емкость 1 совершает автоколебания

в вертикальной плоскости за счет магнитоэлектрического привода, составленного из магнитопровода 7 на днище емкости, двух постоянных магнитов 8 осевой намагниченности, катушки 9, закрепленной на основании 5 и схемы формирования импульсов привода 11. При незаполненной емкости период колебаний равен

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{c}}, \quad (1)$$

где  $m_0$  – масса емкости 1,

$c$  – жесткость пружин 4.

Если залить в емкость жидкость массой  $m_{ж}$ , то период колебаний составит

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_0 + m_{ж}}{c}}. \quad (2)$$

Процедуру приготовления смеси можно организовать по-разному. Например, в лабораторных условиях, заливая в емкость 1 исходную жидкость, по периоду колебаний (2) фиксировать ее массу  $m_{ж1}$ , затем по трубке 3 добавлять второй компонент и снова по периоду фиксировать массу  $m_{ж2}$  второго компонента.

Эффективность перемешивания будет определяться амплитудой и частотой колебаний емкости - чем больше амплитуда, тем выше эффективность перемешивания компонентов смеси. Но увеличение амплитуды приведет к появлению поверхностной волны и, в конечном счете, к отрыву капли жидкости от поверхности.

При движении емкости вверх, после прохождения положения статического равновесия, жидкость будет испытывать действие гидравлического удара. Нижние слои жидкости вследствие изменения скорости колебания будут сжиматься остальной массой жидкости.

Это вызовет повышение давления в жидкости, величина которого [1] может быть записана

$$\Delta P = \rho_{ж} v_3 v, \quad (3)$$

где  $\Delta P$  – приращение давления,

$\rho_{ж}$  - плотность жидкости,

$v_3$  - скорость распространения звука в жидкости,

$v$  - начальное значение скорости.

Скорость распространения звука  $v_3$  определяется показателем сжимаемости жидкости  $\chi$

$$v_3 = \sqrt{\frac{1}{\chi \cdot \rho_{ж}}}. \quad (4)$$

Начальное значение скорости в положении статического равновесия

$$v = A \cdot \omega, \quad (5)$$

где  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  – циклическая частота колебаний,

$A$  - амплитуда колебаний.

Подставляя выражения (4), (5) в уравнение (3) и учитывая, что скорость за время действия гидравлического удара изменяется от 0 до  $A\omega$  получим

$$\Delta P = A\omega \sqrt{\frac{\rho_{ж}}{\chi}}. \quad (6)$$

Жидкость обладает ничтожной сжимаемостью. Изменение объема при изменении давления равно

$$\Delta U = \Delta P \chi V \quad (7)$$

Так как объем жидкости

$$U = \frac{m_{жс}}{\rho_{жс}}, \quad (8)$$

то

$$\Delta U = \Delta P \chi \frac{m_{жс}}{\rho_{жс}}. \quad (9)$$

Подставим в уравнение (7) выражение (6) получим

$$\Delta U = m_{жс} A \omega \sqrt{\frac{\chi}{\rho_{жс}}}. \quad (10)$$

Умножая обе части уравнения (10) на  $\Delta P$  и учитывая, что выражение  $\Delta U \cdot \Delta P$  является энергией удара, получим

$$E = A \omega^2 m_{жс}. \quad (11)$$

При движении жидкости вверх после прохождения положения статического равновесия его скорость будет падать до нуля, а жидкость по инерции будет продолжать двигаться вверх за счет накопленной кинетической энергии, величина которой равна

$$E_{жс} = \frac{m_{жс} A^2 \omega^2}{2}. \quad (12)$$

Кинетическая энергия жидкости и энергия гидравлического удара будут расходоваться на энергию волны жидкости и на преодоление поверхностного натяжения ее верхнего слоя. Таким образом

$$E + E_{жс} = E_n + E_с, \quad (13)$$

где  $E_n$  – поверхностная энергия (поверхностное натяжение),

$E_с$  - энергия волны.

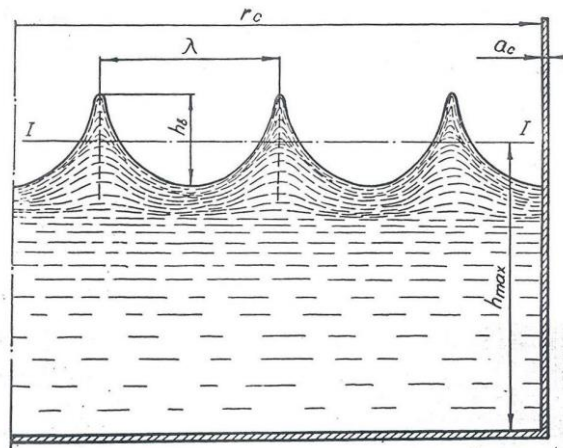


Рис. 2. Поведение жидкости при колебаниях емкости

На рис. 2. показано поведение жидкости в процессе колебаний. Линия I – I отражает уровень покоя, т.е. свободную поверхность жидкости. Кривая волновой поверхности жидкости имеет вид тороиды (укороченной циклоиды).

Опуская промежуточные показания, в конечном итоге получим для амплитуды колебаний

$$A = \frac{6\pi g \sigma}{\rho_{жс} \omega^4 h^3}, \quad (14)$$

где  $h$  - высота волны,

$\sigma$  - коэффициент поверхностного натяжения,

$g$  - ускорение силы тяжести.

Таким образом, при проектировании смесителя необходимо учитывать появление поверхностных волн жидкости и согласовывать циклическую частоту колебаний емкости  $\omega$  и амплитуду колебаний  $A$ , пользуясь формулой (14).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. О взвешивании жидкости вибрационно- частотным методом / Е.А.Оленев, Л.Н.Шарьгин, Ю.А.Медведев. Деп. ВИНТИ №3657-В84 Деп,1990.-7с.
- 2 Погрешность измерения массы вибрационно-частотными датчиками / Е.А.Оленев, Л.Н.Шарьгин, Ю.А.Медведев. Деп. ВИНТИ №500-В86 Деп,1990.-8с.
3. Смеситель жидкостей. Патент RU 2250799, МПК В01F 3/08. Оpubл. 27.04.2005.
4. Способ смешения жидкостей. Патент RU 2179065, МПК В01F 3/08. Оpubл. 10.02.2002.
5. Устройство для получения дозированных смесей. Патент RU 2033854, МПК В01F 5/00. Оpubл. 30.04.1995.

## **КОНТАКТНЫЙ АДРЕС**

Капанова Евгения Николаевна  
студентка 4 курса, кафедра технико-технологических  
Дисциплин ВлГУ, г. Владимир

E-mail: [ttd.tef@vlsu.ru](mailto:ttd.tef@vlsu.ru)

Шарыгин Лев Николаевич  
научный руководитель, канд. техн. наук, профессор ВлГУ, г. Владимир