

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 26.12.2021 15:29:47  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра теплогазоводоснабжения



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г.Локтионова

2016 г.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПОКОЯ ЖИДКОСТИ В ЦИ- ЛИНДРЕ, ВРАЩАЮЩЕМСЯ С ПОСТОЯННОЙ УГЛОВОЙ СКОРО- СТЬЮ

Методические рекомендации по выполнению  
лабораторной работы для студентов специальности 08.05.01 и направлений  
08.03.01, 15.03.01, 15.03.06, 23.03.03

УДК 532 (075.8)

Составители: В.Г.Полищук, В.А.Незнанова, А.И.Поздняков,

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент В.А.Морозов

Исследование относительного покоя жидкости в цилиндре, вращающемся с постоянной угловой скоростью: методические указания по выполнению лабораторной работы/Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.Г.Полищук, В.А.Незнанова, А.И.Поздняков. -Курск, 2015. -6с.: ил.2, табл.1. -Библиогр.: 6с.

Излагаются методические рекомендации по изменениям координат свободной поверхности и изменения давления. Приводятся сведения о закономерностях относительного покоя жидкости при ее вращении в вертикальном цилиндре, расчетные зависимости для определения внутри резервуара.

Предназначены для студентов специальности 08.05.01 и направлений 08.03.01, 15.03.01, 15.03.06 дневной и заочной форм обучения, изучающих дисциплины «Механика жидкости и газа», «Гидравлика», «Гидравлика и гидрорепневмопривод».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *24.05.16* Формат 60x84 1/16.  
Усл.-печ. л. *0,4*. Уч.-изд. л. *0,3*. Тираж *100* экз. Заказ *549*. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель работы – экспериментальное определение свободной поверхности жидкости во вращающемся с постоянной угловой скоростью цилиндре относительно его вертикальной оси симметрии, отработка практических навыков экспериментального исследования.

### Общие сведения

Уравнения равновесия покоящейся жидкости справедливы при ее абсолютном и относительном покое. При абсолютном покое частицы жидкости неподвижны относительно соседних частиц, стенок резервуара и связанной с ним системой координат. При относительном покое частицы жидкости также не смещаются относительно друг друга и стенок резервуара, но сам резервуар перемещается относительно системы отсчета.

Закономерности относительного покоя жидкости во вращающемся цилиндре характерны для работы сепараторов, центрифуг, жидкостных тахометров, установок центробежного литья под давлением и т.п.

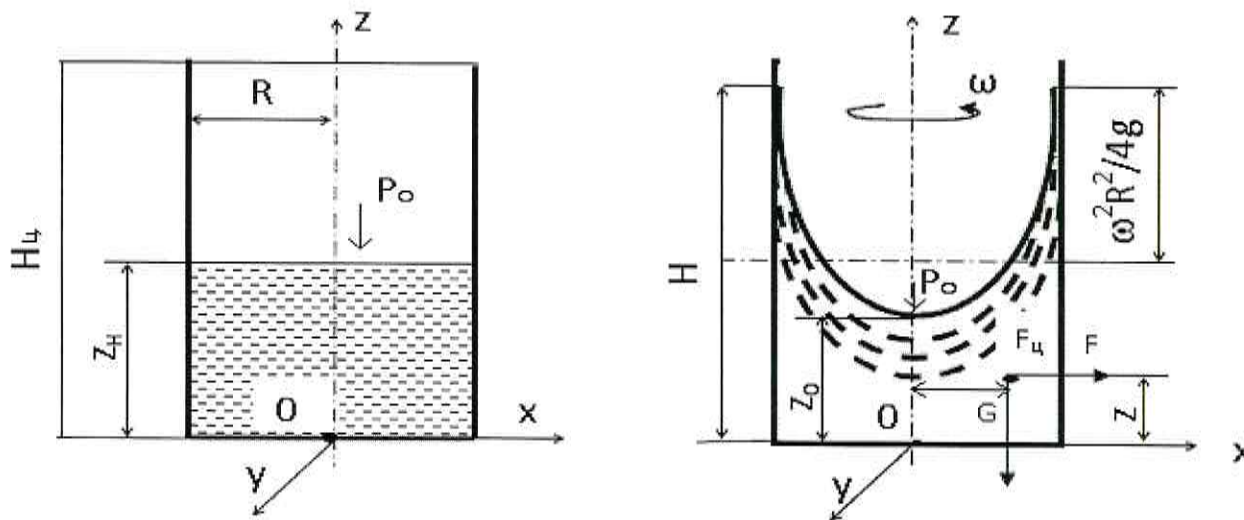


Рис. 1 Абсолютный (а) и относительный (б) покой

При вращении цилиндра на жидкость действуют сила тяжести  $G=mg$  и центробежная сила  $F=m\omega^2 r$  (рис.1). В результате совместного действия указанных сил свободная поверхность жидкости принимает форму параболоида вращения

$$z = z_0 + \frac{\omega^2 r^2}{2g}, \quad (1)$$

где  $z_0$  - ордината свободной поверхности на оси вращения;

$r$  – радиус вращения рассматриваемых точек жидкости ( $r^2=x^2+y^2$ ).

Отметим, что форма свободной поверхности (1) не зависит от рода(вида) жидкости. Гидростатическое давление в слоях жидкости на удалении от оси вращения ( $0 \leq r \leq R$ ) зависит от плотности жидкости и определяется выражением



$$p=p_0+\rho g(z_0-z)+\rho\omega^2r^2/2, \quad (2)$$

где  $p_0$  – давление на свободной поверхности жидкости,  
 $\rho$  - плотность жидкости.

Таким образом, давление в произвольной точке жидкости с координатами  $r$  и  $z$  определяется воздействием на жидкость внешнего давления  $p_0$ , давления столба жидкости над рассматриваемой точкой и давления, создаваемого центробежной силой.

Высоту подъема жидкости на периферии вращения ( $r=R$ ) определяют из равенства объемов жидкости в цилиндре при покое и при вращении (рис. 1).

$$H=z_H+0.25\omega^2R^2/g. \quad (3)$$

При известной высоте цилиндра  $H_{ц}$  можно определить угловую скорость вращения, при которой жидкость не выливается через край цилиндра

$$\omega < 2\sqrt{g(H_{ц}-z_H)}/R. \quad (4)$$

### Лабораторная установка ГТ-2

Установка (рис.2) представляет собой открытый сверху цилиндр 1 с жидкостью, который приводится во вращение электродвигателем 2 через червячную передачу 3. Координатник 4, закрепленный на раме 5, имеет направляющие, по которым с помощью винта 6 перемещается каретка 7 с измерительной иглой 9. По шкале 8 фиксируют положение иглы в горизонтальной плоскости и ведут отсчет радиуса  $r$  для выбранных в ходе эксперимента точек.

Перемещение иглы в вертикальной плоскости для измерения ординаты  $z$  осуществляют с помощью кремальеры 11.

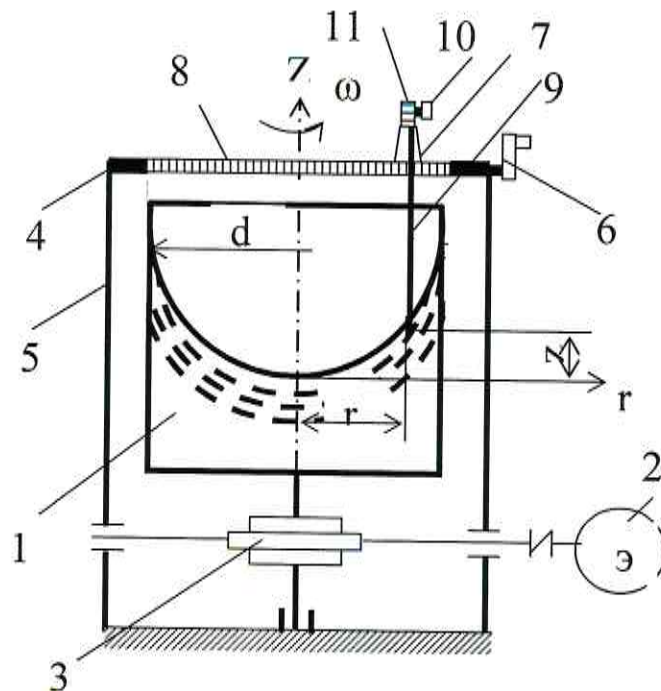


Рис.2 Схема установки

Для каждого кольцевого слоя  $r_i$  ( $0 \leq r < R$ ), вычитая текущие значения  $z_i$  из первоначального  $z_{н}$  (при  $r=0$ ), получают величины ординат  $z_i$  для всех  $r_i$ .

По формуле  $z_{расч.} = \frac{\omega^2 r^2}{2g}$  при значении  $g=9,81 \text{ м/с}^2 = 981 \text{ см/с}^2$ , следует определить расчетные значения ординаты свободной поверхности.

В одинаковом масштабе и в одной системе координат следует построить графики экспериментальной и теоретической формы свободной поверхности жидкости.

Оценить сходимость экспериментальной и теоретической кривых свободной поверхности жидкости с учетом абсолютных  $\Delta z$  и относительных погрешностей проведенных измерений.

#### Вопросы для самопроверки

1. Порядок выполнения эксперимента, основные параметры измерений.
2. Силы, действующие на жидкость при абсолютном и относительном покое.
3. Изменение давлений по вертикали и горизонтали во вращающейся жидкости.
4. Допустимая угловая скорость (отсутствие выплескивания жидкости из цилиндра).
5. Параметры, влияющие на вид свободной поверхности жидкости при относительном покое.

#### Библиографический список

1. Чугаев, Р. Р. Гидравлика (Техническая механика жидкости) [Текст] : учебник для вузов / Р. Р. Чугаев. - Изд. 6-е, репринтное. - Москва : Бастет, 2013. - 672 с.
2. Лапшев, Н. Н. Гидравлика [Текст] : учебник / Н. Н. Лапшев. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2010. - 272 с.
2. Метревели В.Н. Сборник задач по курсу гидравлики с решениями: учебное пособие/-М.: Высшая школа, 2007 г.- 192с.
3. Метревели, В. Н. Сборник задач по курсу гидравлики с решениями [Текст] : учебное пособие / В. Н. Метревели. - М. : Высшая школа, 2007. - 192 с.
4. Алымов, Ю. Г. Гидравлика [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Ю. Г. Алымов, В. А. Морозов ; Минобрнауки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Юго-Западный государственный университет". - Курск : ЮЗГУ, 2013. - 98 с.