5. Duy T.P., Wollensak J. Ciliary block malignant glaucoma following posterior chamber lens implantation // Ophthalmic Surg. – 1987. – Vol. 18. – P. 741-744.

6. Ge J., Guo Y., Liu Y., et al. New management of malignant glaucoma by phacoemulsification with posterior chamber foldable intraocular lens implantation // Yan. Ke. Xue. Bao. – 1999. – Vol. 15. – №3. – P. 162-168.

7. Gunning F.P., Greve E.L. Lens extraction for uncontrolled angle-closure glaucoma – Long-term follow-up // J. Cataract Refract. Surg. – 1998. – №24. – P. 1347-1356.

8. Hanish S.K., Lamberg R.L., Gordon J.M. Malignant glaucoma following cataract surgery and intraocular lens implant // Ophthalmic Surg. – 1982. – Vol. 13. – P. 713-714.

9. Hardten D.R., Brown J.D. Malignant glaucoma after Nd-YAG cyclophotocoagulation // Am. J. Ophthalmol. – 1991. – Vol. 111. – P. 245-247.

10. Liu X., Li M., Cheng B., Mao Z., et al. Phacoemulsification combined with posterior capsulorhexis and anterior vitrectomy in the management of malignant glaucoma in phakic eyes // Acta. Ophthalmol. – 2012 Jun 7. [Epub ahead of print].

11. Rieser J.C., Schwartz B. Miotic induced malignant glaucoma // Arch. Ophthalmol. – 1972. – Vol. 87. – P. 706.

12. Sihota R., Dada T., Gupta R., et al. Ultrasound biomicroscopy in the subtypes of primary angle closure glaucoma // Glaucoma. – 2005. – Vol. 14. – №5. – P. 387-391.

13. Tsai J.C., Barton K.A., Miller M.H. et al. Surgical results in malignant glaucoma refractory to medical or laser therapy // Eye. – 1997. – Vol. 11. – P. 677-681.

14. Wang N., Zhou W., Ouyang J., et al. Pathogenesis and clinical classification of the malignant glaucoma // Yan. Ke. Xue. Bao. – 1999. – Vol. 15. – №4. – P. 238-241, 252.

«Новые технологии, инновации, изобретения», Турция (Анталия), 16-23 августа 2012 г.

Технические науки

ВРАЩЕНИЕ СОСУДА С ЖИДКОСТЬЮ ПОД УГЛОМ НАКЛОНА

Исаев Ю.М., Семашкин Н.М., Гришин О.П., Гришина Е.В.

ФГБОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина» Ульяновск, e-mail: isurmi@yandex.ru

Возьмем открытый цилиндрический сосуд с жидкостью и сообщим ему вращение с постоянной угловой скоростью ω вокруг его оси под углом α к горизонту. Сначала рассмотрим при $\alpha = 0$. Жидкость постепенно приобретет ту же угловую скорость, что и сосуд, а свободная поверхность ее видоизменится, в центральной части уровень жидкости понизится, у стенок – повысится, и вся свободная поверхность жидкости станет некоторой поверхностью вращения.

На жидкость в этом случае будут действовать две массовые силы – сила тяжести и центробежная сила, которые, будучи отнесенными к единице массы, соответственно равны g и $\omega^2 r$.

Равнодействующая массовая сила j увеличивается с увеличением радиуса r за счет второй составляющей, а угол наклона ее к горизонту уменьшается. Эта сила нормальна к свободной поверхности жидкости, поэтому наклон этой поверхности с увеличением радиуса r возрастает.

Уравнение кривой в системе координат z и r с началом в центре дна сосуда.

$$z = h + \omega^2 r^2 / (2g) + C, \qquad (1)$$

где h – высота расположения вершины параболоида, м; C – постоянная интегрирования.

Т.е. кривая является параболой, и свободная поверхность жидкости параболоидом. Такую же форму имеют и другие поверхности уровня.

Пользуясь уравнением (1), можно определить положение свободной поверхности в сосуде, например максимальную высоту H подъема жидкости и высоту h при данной угловой скорости ω. Для этого необходимо использовать еще уравнение объемов: объем неподвижной жидкости равен её объему во время вращения.

Для определения закона изменения давления во вращающейся жидкости в функции радиуса и высоты выделим вертикальный цилиндрический объем жидкости с основанием в виде элементарной горизонтальной площадки dS на произвольном радиусе r высоте z запишем условие его равновесия в вертикальном направлении. С учетом уравнения (1) получим:

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

где p_0– начальное давление жидкости, кг/м^2; ρ – плотность жидкости, кг/м^3.

Это значит, что давление возрастает пропорционально радиусу и уменьшается пропорционально высоте z.

В случае вращения цилиндра с жидкостью с угловой скоростью ω вокруг его оси под углом α к горизонту уравнение свободной поверхности в системе координат $Oxyz$ можно вывести путем интегрирования дифференциального уравнения равновесии жидкости

$$Xdx + Ydy + Zdz - \frac{dp}{\rho} = 0. \qquad (3)$$

После математических преобразований, окончательно получим:

$$p = p_0 + \rho g (h - z)\sin\alpha + \frac{\rho\omega^2 (x^2 + y^2)}{2} + \rho g x \cos\alpha.$$

Уравнение свободной поверхности жидкости можно найти, если положить, $p = p_0$. После сокращений и преобразований получим:

$$z = \frac{\omega^2 (x^2 + y^2)}{2g\sin\alpha} + x\,\mathrm{ctg}\alpha + h \qquad (4)$$

Что совпадает с ранее полученными формулами. Для вертикального вращения, при $\alpha = \pi/2$, поучаем уравнение свободной поверхности (1), а при $\alpha = 0$, получаем уравнение поверхности вращения жидкости в горизонтальной трубе.