УДК 536.24

О СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ ВОДЫ В КРУГЛОЙ ТРУБЕ

Линевич Евгения Игоревна, *студент 1-го курса кафедры «Гидротехническое и энергетическое строительство, водный транспорт и гидравлика»*
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Воронова Н.П., канд. техн. наук, профессор)

Рассмотрим режим течения жидкости в трубе с круглым сечением. Он зависит от формы сечения, скорости течения и вязкости жидкости. О режиме течения можно судить по значению критерия Рейнольдса [1].

$$\mathrm{Re} = \frac{\vartheta l}{\nu},$$

где ϑ - средняя скорость потока (м/с), ν - кинетический коэффициент вязкости жидкости (м^2/с), l - характерный размер потока (м).

Величина l для эквивалентного диаметра d вычисляется по формуле:

$$d = 4\frac{S}{p},$$

где S - площадь поперечного сечения потока, так называемого живого сечения (м^2), p - смоченный периметр (подводный периметр сечения) (м).

Известно [2], что степень заполнения трубы водой характеризуется центральным углом, опирающимся на горизонтальную поверхность текущей воды, исследуем при какой степени заполнения трубы скорость течения воды будет наибольшей. Так как скорость течения прямо пропорциональна величине d, то исследуем на экстремум функцию d.

Представим функцию d в зависимости от центрального угла α. Пусть радиус трубы равен r, AB – горизонтальная поверхность воды (Рис.1). Величина S представляет собой площадь сегмента $S = \frac{r^2}{2}(\alpha - \sin\alpha)$. P – длина дуги окружности с центральным углом α, т.е. $P = \alpha r$ [3]. Тогда

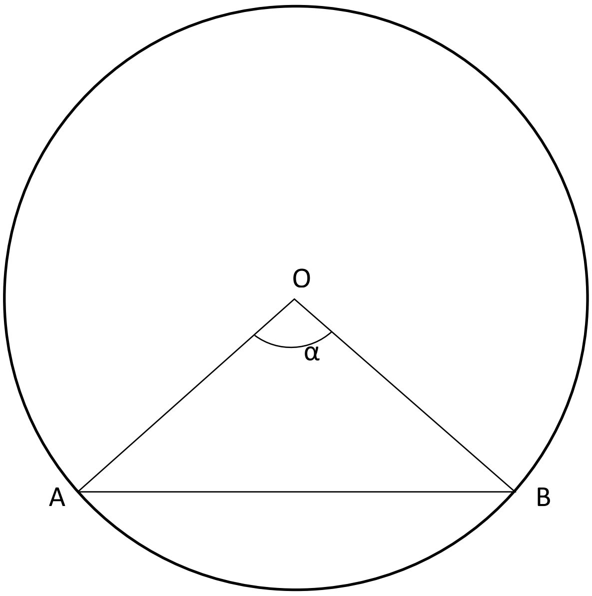

Рисунок 1 – Сечение трубы

$d = 4\dfrac{\frac{r^2}{2}(\alpha - \sin\alpha)}{\alpha r} = 2r\left(1 - \dfrac{\sin\alpha}{\alpha}\right)$. Производная от функции d по переменной α имеет вид:

$$d' = \frac{\sin\alpha - \cos\alpha \cdot \alpha}{\alpha^2}.$$

Проверим выполнение необходимого условия экстремума $d' = 0$ или не существует. По условию задания $\alpha \neq 0$, поэтому $\sin\alpha - \cos\alpha \cdot \alpha = 0$ и $ctg\alpha = \dfrac{1}{\alpha}$. Для нахождения решения этого трансцендентного уравнения применим метод бисекции (метод половинного деления) [4].

С точностью ε=0,001 получено решение $\alpha \approx 4{,}5$. Причём последний отрезок изоляции корня на левой границе положителен, а на правой отрицательный. Следовательно, при найденном значении α функция d принимает наибольшее значение и скорость течения воды в круглой трубе будет максимальной.

Литература:

1. Лыков А.В. Теоретические основы строительной теплофизики –Минск: Издательство Академии Наук БССР, 1961. – 520 с.
2. Бровка Г.П. Взаимосвязанные процессы тепло и массопереноса в природных дисперсных средах / Г.П. Бровка, – Минск: Беларуская навука, 2011.– 363 с.

3. Математика: Школьный курс: 5-11 кл./ Сост. О.В. Троцкий, – Минск: Аверсэв, 2001. – 352 с.
4. Амосов А.А. Вычислительные методы для инженеров: Учебное пособие, – Минск: Высшая школа, 1994. –544 с.