

Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары – 17: «Қазіргі аграрлық ғылым: цифрлық трансформация» атты халықаралық ғылыми – тәжірибелік конференцияға материалдар = Материалы международной научно – теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 17: «Современная аграрная наука: цифровая трансформация», посвященной 30 – летию Независимости Республики Казахстан.- 2021.- Т.1, Ч.2 - С.385-387

РАСЧЕТ НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УДАРНОЙ ВОЛНЫ ПРИ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДЕ В ВОДЕ.

Кублашев А., магистрант 2 курса, к.т.н. ст. пр. Уалиев Е.Б., ст.пр. Жаксылык А.М.г. Нур-Султан, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина.

Электрический разряд при взаимодействии с водой может вызывать ударные волны, которые подвергают среду вокруг заряда высокому давлению. Вокруг электрического заряда происходит микровзрыв и такие показатели, как давление, температура, гидродинамическая скорость испытывают практически мгновенное увеличение по направлению волны.

Рассчитаем ударную волну.

Нам известны характеристики трубы: диаметр $d=32$ мм, длина трубы $l=1$ м, $w=0.35$ – скорость водяного потока (жидкости).

Температура жидкости в трубе равна 60°C , а $t_{\text{стенки}}=20^\circ\text{C}$.

$t_{\text{жидк}}=60^\circ\text{C}: \lambda_{\text{ж}}=0,66 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{C}), \nu_{\text{ж}} = 0,479 * 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}, Pr_{\text{ж}} = 2.96;$

$t_{\text{стенки}}=20^\circ\text{C}: Pr_{\text{с}} = 7,04$

$$Nu'_{d\text{ж}} = 1,4 \left(Re_{d\text{ж}} * \frac{d}{l} \right)^{0.4} Pr_{\text{ж}}^{0.33} (Pr_{\text{ж}}/Pr_{\text{с}})^{0.25} \quad (1)$$

$$Re_{d\text{ж}} = \frac{wd}{\nu} = \frac{0.35 * 32 * 10^{-3}}{0.479 * 10^{-6}} = 23430 \quad (2)$$

$$Pr_{\text{ж}}^{0.33} = 1.43$$

$$(Pr_{\text{ж}}/Pr_{\text{с}})^{0.25} = (2.96/7.04)^{0.25} = 0.8 \quad (3)$$

$$Nu'_{d\text{ж}} = 1,4 * 14,12 * 1,43 * 0,8 = 22,61 \quad (4)$$

откуда

$$\alpha' = Nu'_{d_{ж}} \frac{\lambda_{ж}}{d} = 22,61 * \frac{0,66}{32 * 10^{-3}} = 465,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{°C}) \quad (5)$$

Тогда, количество передаваемой теплоты:

$$Q = \pi d l \bar{\alpha} \Delta t = 3.14 * 32 * 10^{-3} * 1 * 465,6 * 40 = 1871,3 \text{ Вт} \quad (6)$$

Для увеличения импульса ударной волны используют щит, используемый в качестве отражающей поверхности. При проведении расчета рассматривали подобный щит и требовалось узнать, как данная отражающая поверхность повлияет на показатель импульса в трубе. Размеры щита брали 300x300x20 мм. Для того чтобы сравнить импульсы в двух случаях с щитом и без него, используем графический способ сравнения. Изменения в импульсах изображены на рисунке 1.

Расчеты показали, что в трубе диаметр которой равен 90 мм, при радиусе 440 мм максимальное значения импульса находится на отметке 700 мм от начала трубопровода, а для радиуса в 100 мм максимальное значение достигается на отметке в 150 мм. Повышение импульса в начале трубопровода в процентах при $r_a=440$ мм равняется 80%, а при радиусе 100 мм равняется 55%. Кроме того, на рисунке 1 изображена линия импульса без щита в при $r_a=440$ мм при $d=30$ мм.

По рисунку можно определить, что использование щита (отражающей поверхности) вызывает больший импульс относительно импульса без щита.

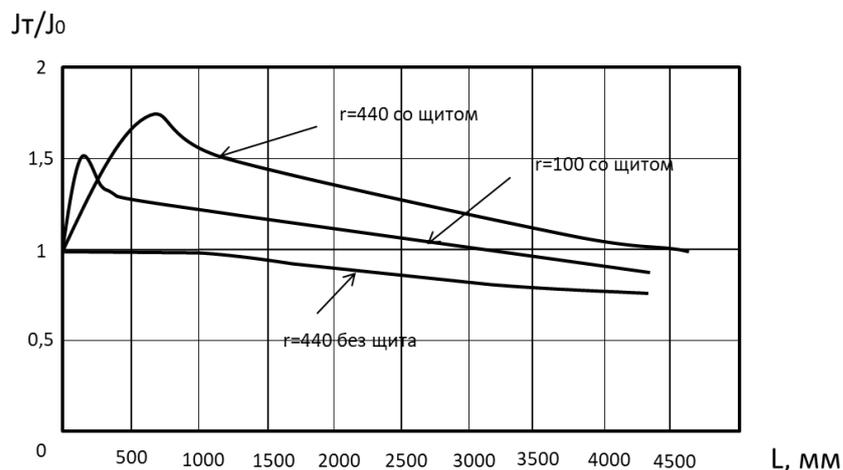


Рисунок 1. Распространение импульса в трубе с щитом и без щита.

По рисунку 1 видно, что использование щита на трубопроводе диаметром 90 мм и при $r_a=100$ мм не сильно увеличило импульс. Можно

сделать вывод, что чем меньше диаметр, тем больше полезность отражающей поверхности.

Время действия (τ) ударной волны измерить оказалось сложно, так как в прямых трубах этот показатель меняется от 1-8 мс недалеко от входа в трубу. Измерение τ проводилось при разных условиях и наличия отражательной поверхности не сильно влияло на результаты измерения. Диаметр трубы также не сильно влиял на этот показатель. Погрешность при расчётах составляла не более 3%.

Дополнительно, изучается зависимость скорости ударной волны от диаметра трубопровода. В этот раз измерения проводилось без щита. Трение о поверхность трубы внутри существенно замедляло ударную волну. В таком случае происходит сравнение диаметров 90 мм и 30 мм с показателем $r_a=440$.

Скорость жидкости в трубе в зависимости от диаметра изображены на графике рисунка 2.

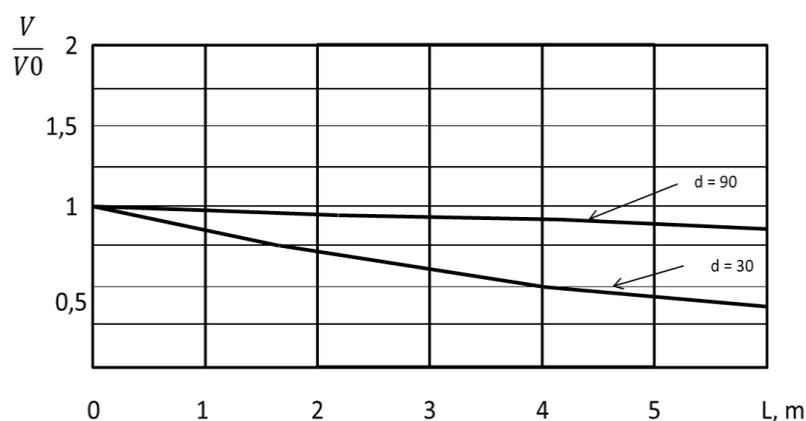


Рисунок 2. Скорость жидкости в трубе в зависимости от диаметра.

По рисунку 2 можно увидеть, что скорость потока жидкости выше в широком трубопроводе. В широкой трубе скорость практически не будет изменяться по ходу трубопровода, а в трубе диаметром поменьше скорость сильно уменьшается.

Список использованной литературы

1. Наугольных К.А., Рой Н.А. Электрические разряды в воде. — М.:Наука. - 2011 -156 с.
2. Физико-механические процессы при высоковольтном разряде в жидкости.//Сборник научных трудов под ред. Г.А. Гулого. Киев: Наукова Думка – 2011 - 220 с.
- 3.Г.А. Гулый Оборудование и технологические процессы с использованием электрогидравлического эффекта. – Киев: Наукова Думка - 2007 – 324 с.