

## СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕСТНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ШАРОВОМ КРАНЕ

*Паливец Максим Сергеевич, доцент кафедры информационных технологий в АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация.* В статье приведены результаты статистической оценки экспериментальных исследований местных гидравлических потерь в шаровом кране при регулировании. Представлена зависимость коэффициентов местных сопротивлений шарового крана Bugatti Ду-20мм от числа Рейнольдса  $\zeta=f(Re)$  при различных углах поворота крана  $\alpha$ .

*Ключевые слова:* Местные потери напора, гидравлически короткий напорный трубопровод, коэффициент местных потерь напора, число Рейнольдса, угол поворота шарового крана.

На экспериментальной гидравлической установке (рис.1) выполнялись экспериментальные исследования местных потерь напора в шаровом кране Bugatti Ду-20 мм, который представляет собой запорно-регулирующее устройство, использующееся в системах водоснабжения и теплоснабжения. В данном экспериментальном исследовании определялись местные потери напора при турбулентном течении в шаровом кране Bugatti Ду-20 мм гидравлически короткого напорного трубопровода VALTEC с внутренним диаметром  $d = 20\text{мм} \cdot 2,0$  PN25. Экспериментальная установка (рис. 1) представляла собой горизонтально размещенную на металлическом профиле по уровню металлопластиковую трубу VALTEC 20·2,0 PN25 Class 5/10bar ISO 21003 идущую от напорного бака через вихревой насос Pedrollo PKm 60 к выходному патрубку насоса и далее к концевой её части установки до шарового крана и расходомера ВКМ-20. Длина всей экспериментальной установки была равна  $l = 517,75d$ .



Рисунок 1 - Экспериментальная установка

Последовательно после выходного патрубка насоса на коротком участке трубопровода устанавливались манометры VIEIR, шаровой кран Bugatti Ду-20 мм и манометры VIEIR по трассе для замера местных потерь

давления за шаровым краном в створе после выравнивания потока при изменении угла поворота крана  $\alpha$ .

В каждой серии экспериментов при изменении угла  $\alpha$  проводился замер температуры воды с помощью термометра с минимальной шкалой  $0,5^{\circ}\text{C}$ , диапазон температур колебался в летнее время от  $24$  до  $28,5^{\circ}\text{C}$ , по значениям температуры воды определялся коэффициент кинематической вязкости  $\nu$  и число Рейнольдса:

$$Re = \frac{vd}{\nu}, \quad (1)$$

где  $v$  – скорость потока, м/с;

$d$  – внутренний диаметр, м;

$\nu$  – коэффициент кинематической вязкости,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

Экспериментально коэффициент местных потерь напора  $\zeta$  определялся косвенным методом на участке напорного трубопровода в шаровом кране при измеренном расходе, площади сечения и средней скорости [1,2,3]:

$$\zeta = \frac{2 \cdot g \cdot h_{\text{кр}} \cdot \omega^2}{Q^2} = \text{const} \cdot h_{\text{кр}} \cdot \omega^2 \cdot Q^{-2} \quad (2)$$

где  $h_{\text{кр}} = \frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g}$  – потеря напора в шаровом кране (до местного

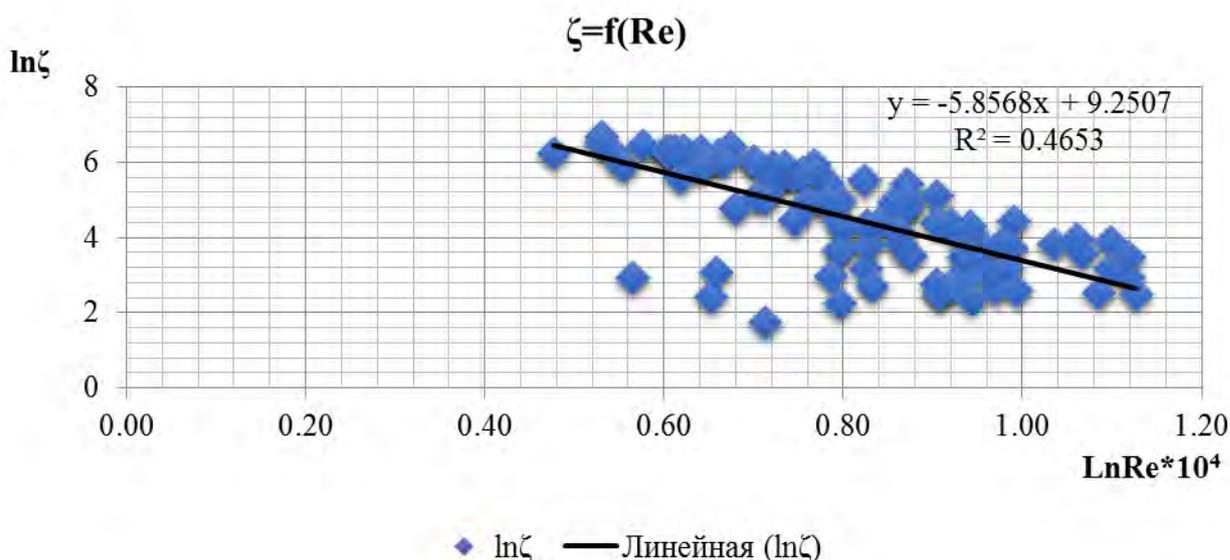
сопротивления и после сопротивления, м);

$\omega$  – площадь сечения,  $\text{м}^2$ ;

$Q$  – расход воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м}/\text{с}^2$ .

Вначале проводились эксперименты по определению коэффициентов сопротивления шарового крана  $\zeta$  при различных значениях угла поворота крана  $\alpha$ , при этом расход воды не изменялся. После проведения серий экспериментов при одном и том же расходе воды в трубопроводе, но при различных значениях угла поворота  $\alpha$ , продолжали эксперименты при разных расходах воды, что в дальнейшем позволило увидеть изменение коэффициента местных сопротивлений  $\zeta$  в зависимости от  $Re$  и средней скорости потока  $V$  в диапазоне  $Re = 1,8 \cdot 10^4 \div 3,1 \cdot 10^4$  (рис.2).



**Рисунок 2 - Зависимость  $\zeta=f(Re)$  при различных углах поворота крана  $\alpha = 34^{\circ}; 40^{\circ}; 50^{\circ}; 60^{\circ}; 65^{\circ}; 70^{\circ}; 72^{\circ}; 74^{\circ}$**

Регрессионная зависимость получена по экспериментальным значениям  $\zeta$  (98 измерений) с коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,4653$ :

$$\ln\zeta = -5,8568 \cdot \ln Re + 9,2507 \quad (3)$$

Получена эмпирическая формула (3) для расчета местных потерь напора в шаровом кране  $\zeta$ . Эмпирическое уравнение (3) имеет значимые статистические оценки и может применяться в диапазоне чисел Рейнольдса  $Re = 1,8 \cdot 10^4 \div 3,1 \cdot 10^4$ . Зависимость (3) была определена, интерпретирована и обоснована, оценка точности анализа соответствует требованиям ГОСТ Р ИСО [4].

#### Библиографический список

1. Штеренлихт, Д.В. Гидравлика: учебник. 5-е изд., стер. – СПб.: Изд-во «Лань», 2015. – 656 с.: ил. – ISBN 978-5-8114-1892-3.
2. Справочник по расчетам гидравлических и вентиляционных систем / И.Г. Грачев, В.М. Низовцев, С.Ю. Пирогов и др. под ред. А.С. Юрьева. – СПб.: АНО НПО «Мир и семья», 2006. – 1152 с. – ISBN 5-98371-011-7.
3. Снежко, В.Л., Палиивец, М.С. Кинематическая структура потока и гидравлические сопротивления узла «регулируемая задвижка-тройник» в напорном водоводе // Природообустройство. – 2010. – № 2. – С. 54-59. – ISSN 1997-6011.
4. ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Использование значений точности на практике. – Введ. 2002-04-23. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 43 с.