



ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ И ОРОШАЕМОГО ЖИДКОСТЯМИ РАЗНОЙ ВЯЗКОСТИ ПОЛОГО ВИХРЕВОГО АППАРАТА (ПВА)

Абдумалик Ахматов [0000-0002-0150-0838]

*Навоийский государственный горно-технологический университет, доцент кафедры
Автоматизация и управление, PhD., E-mail: a.a.axmatov@gmail.com*

Annotatsiya. Mazkur maqolada ichi bo'sh uyurmali apparat gidravlik qarshiligiga har xil qovushqoqlikdagi suyuqliklar ta'siri o'rganilgan. Tajribalar vertikal holda joylashtirilgan va pastga harakatlanuvchi gaz-suyuqlik oqimiga ega bo'lgan uyurmali apparat qurilmasida o'tkazildi. Turli qovushqoqlik va sarf miqdorlaridagi suyuqliklar bilan olib borilgan tahlillar natijasida, suyuqlikning qovushqoqligi oshgan sari uyurmali apparatning qarshiligi kamayishi aniqlandi. Olingan empirik tenglama, uyurmali apparatning gidravlik qarshiligini aniqlovchi parametrlar o'rtasidagi bog'lanishni aks ettiradi.

Kalit so'zlar: ichi bo'sh uyurmali apparat, gidravlik qarshilik, qovushqoqlik, gaz-suyuqlik oqimi, empirik model.

Аннотация. В статье исследуется влияние вязкости различных орошающих жидкостей на гидравлическое сопротивление полого вихревого аппарата (ПВА). Эксперименты проведены на вертикальной установке с нисходящим газожидкостным потоком. В результате анализа установлено, что увеличение вязкости жидкости ведёт к снижению гидравлического сопротивления ПВА. Построена эмпирическая зависимость, отражающая влияние основных параметров - скорости газа, удельного расхода и вязкости - на сопротивление аппарата.

Ключевые слова: ПВ аппарат, гидравлическое сопротивление, вязкость, газожидкостный поток, эмпирическая зависимость.

Abstract. This paper explores the effect of the viscosity of various irrigating liquids on the hydraulic resistance of a hollow vortex apparatus (HVA). Experiments were conducted using a vertically oriented setup with a downward gas-liquid flow. The analysis demonstrated that as the viscosity of the liquid increases, the hydraulic resistance of the apparatus decreases. An empirical equation was derived to describe the relationship between hydraulic resistance and the key process parameters: gas velocity, liquid flow rate, and liquid viscosity.

Keywords: hollow vortex apparatus, hydraulic resistance, viscosity, gas-liquid flow, empirical model.

Ведения

Большинство исследование по изучению гидравлического сопротивления ПВА [1-4] проверено при расширении его водой, но на практике применяются жидкости, физические свойства которых отличаются от свойств воды. Поэтому для определения оптимальных режимов процесса необходимо знать влияние физических свойств жидкости на гидравлическое сопротивление ПВА. Имеющиеся литературные данные по этому вопросу противоречивы. Вязкость жидкости практически не влияет на сопротивление форсуночного ПВА. При горизонтальном расположении ПВА увеличение вязкости жидкости приводит к росту потерь напора [5,6].

Методология

Задачи настоящей работы являлось установление зависимости сопротивления ПВА от вязкости орошающей жидкости при различных гидравлических условиях. Исследования проводились на модельной установке, представляющей собой вертикально расположенный ПВА с нисходящим направлением газ-жидкостного потока. Основные размеры ПВА диаметр горловины $d_f=0,02$ м, длина горловины



$l_f = 0,01$ м, углы раскрытия конфузора и диффузора соответственно $19^\circ 8'$ и $6^\circ 52'$. Опыты проводились при следующих гидравлических условиях: скорость газа в горловине w_f изменялась от 20 до 60 м/сек, удельный расход жидкости q от 1 до 6 л/м, вязкость жидкости μ от 1 до 600 сПз. Характеристика испытанных жидкостей приведена в таблице.

Температура жидкости на всех опытах поддерживались равны 25°C . Для ввода и распыления всех жидкостей было использовано одна и та же форсунка с завихрителем и центральным каналом, наиболее часто применяемая в промышленных аппаратах. Расстояние от форсунки до горловины было выбрано таким, чтобы основание конуса распыляемой жидкости при минимальном расходе ее соприкасалась с конфузуром несколько выше горловины с целью ее максимального перекрытия и чтобы количество жидкости, стекающей по стенке, была минимальным; во всех опытах она оказалась равным 2,5 диаметрам горловины.

Температура жидкости на всех опытах поддерживались равны 25°C . Для ввода и распыления всех жидкостей было использовано одна и та же форсунка с завихрителем и центральным каналом, наиболее часто применяемая в промышленных аппаратах. Расстояние от форсунки до горловины было выбрано таким, чтобы основание конуса распыляемой жидкости при минимальном расходе ее соприкасалась с конфузуром несколько выше горловины с целью ее максимального перекрытия, и чтобы количество жидкости, стекающей по стенке, была минимальным; во всех опытах она оказалась равным 2,5 диаметрам горловины.

Свойства орошающих жидкостей			
Раствор	Вязкость, сПз	Плотность, г/см	Поверхностное натяжение, дин/см
Раствор этильного спирта 5%	1,2	0,986	62,4
Раствор глицерина 86,5%	100	1,223	32,5
» » 91,4%	200	1,236	62,43
» » 93,8%	300	1,242	62,38
» » 95,5%	400	1,247	62,34
» » 96,7%	500	1,250	62,3
» » 97,7%	600	1,252	62,27

В процессе работы проводилось раздельное экспериментальное определение гидравлических потерь орошаемого и неорошаемого ПВА. Гидравлическое сопротивление и коэффициент сопротивления неорошаемого ПВА выражается следующими зависимостями:

$$\Delta P = 0,0288 \cdot w_f^{1,66} \quad (1)$$

$$\zeta_c = 0,476 \cdot w_f^{-0,34} \quad (2)$$

где w_f – скорость газа в горловине.

Для определения гидравлического сопротивления, орошаемого ПВА было проведено 7 серий опытов, включающих распыливание испытуемых жидкостей. Заданными параметрами на каждую серию опытов являлись скорость газа в горловине и удельный расход жидкости. При установившемся режиме регистрировались гидравлическое сопротивление и статические напоры по длине ПВА.



Экспериментальным данным были построены на графики зависимости гидравлического сопротивления и изменения напоров по длине ПВА для жидкостей различной вязкости при различных скоростях газа в горловине и удельных расходах жидкости.

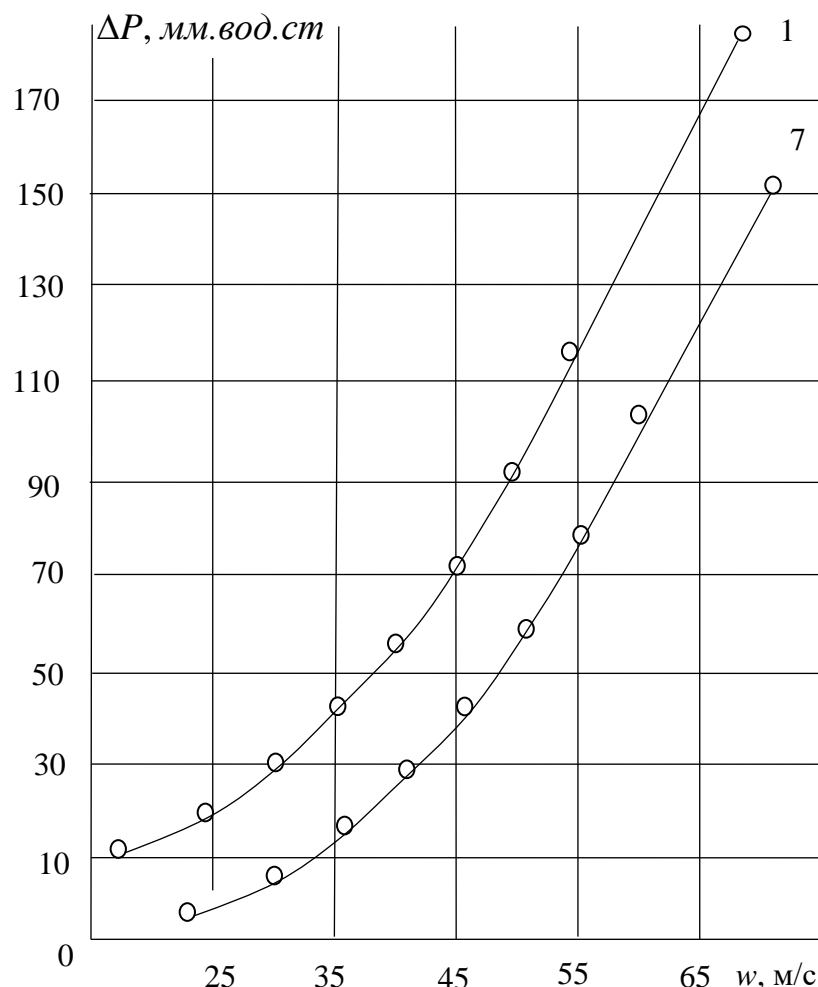


Рис. 1. Зависимость гидравлического сопротивления ПВА от скорости газа в горловине и вязкости орошающей жидкости при $q=1 \text{ л/м}^3$:

1-1,2 сПз; 2-100; 3-200; 4-300; 5-400; 6-500; 7-600.

Из графика зависимости гидравлического сопротивления ПВА от вязкости орошающей жидкости (рис. 1) видно следующее:

1. при одинаковой скорости газа в горловине с увеличением вязкости орошающей жидкости сопротивление ПВА уменьшается. это объясняется меньшей поверхностью контакта фаз и уменьшением потери энергии на трение и разгон капель жидкости;
2. при помещении скорости газа в горловине абсолютное приращение потерь набора с увеличением вязкости жидкости уменьшается, так как уменьшается время взаимодействия капель вязких жидкостей.

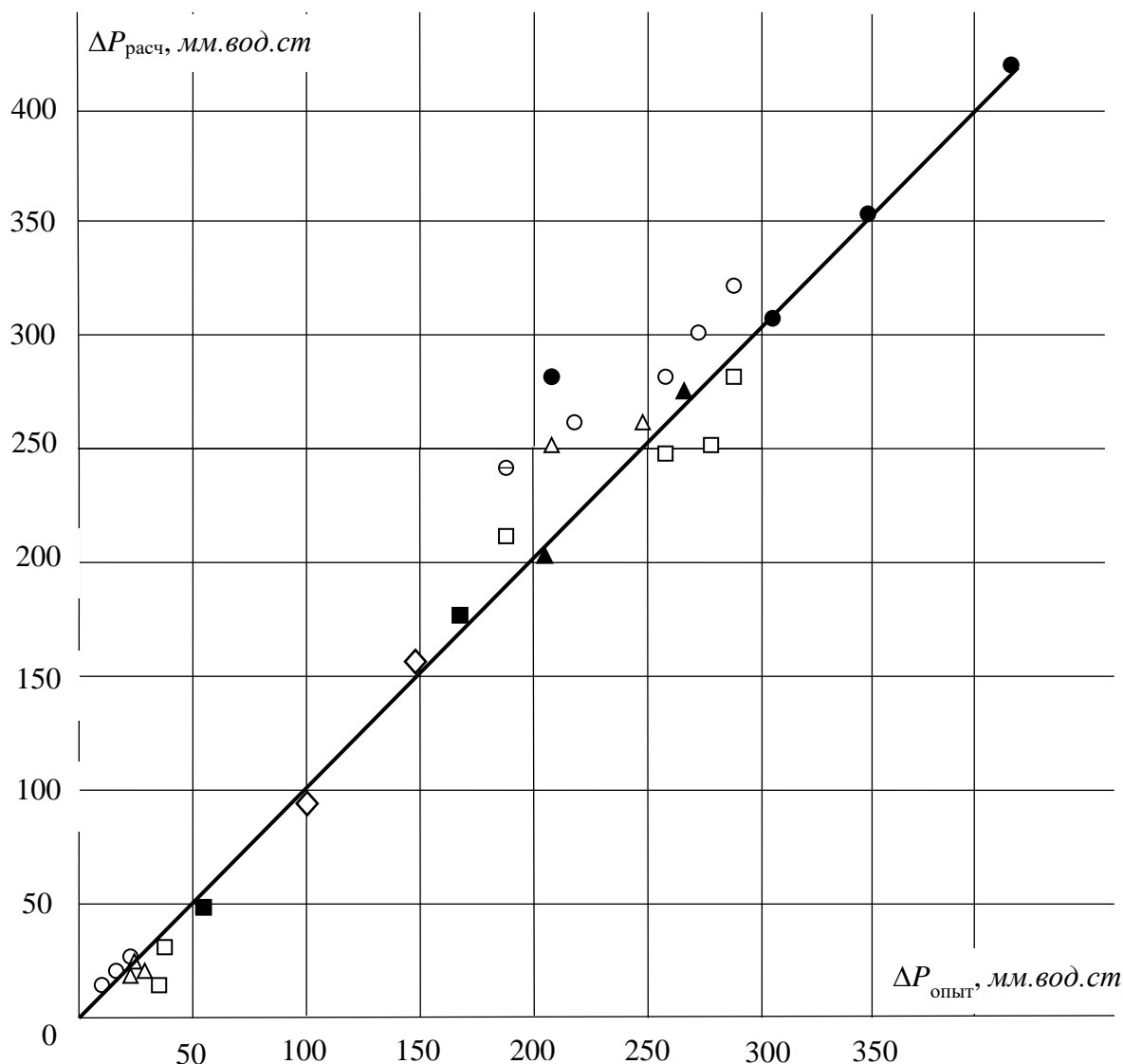


Рис. 2. Корреляционный график гидравлического сопротивления ПВА.

При изменении удельного расхода жидкостей различной вязкости зависимость потерь напора от скорости газа в горловине носит аналогичный характер. Математическая обработка полученных данных, проведенная методом «наименьших квадратов», позволила получить эмпирическую зависимость величины гидравлического сопротивления ПВА от основных определяющих параметров:

$$\Delta P = (3,64 - 0,027 \cdot \mu) \cdot 10^{-3} \cdot w_r^{2,64} \cdot q^{0,494} \quad (3)$$

где μ – вязкость решающей жидкости, *спз*; w_r – Скорость газа в горловине, *м/сек*; q – удельный расход жидкости, *л/м³*.

Корреляционный график гидравлического сопротивление ПВА представлен на рис.2. Среднее квадратичное отклонение точек составляет $\pm 10\%$, я что можно считать удовлетворительным, учитывая сравнительно большой диапазон изменения основных параметров ($w_r = 20-60$ *м/сек*, $q = 1-6$ *л/м³*, $\mu = 1-600$ *спз*).

При различной вязкости орошающей жидкости характер изменения статический напоров по длине ПВА одинаков, разница лишь в абсолютных значениях, что видно из рис.3. По мере движения газожидкостного потока по конфузору (с момента впрыска жидкости) это разница увеличивается и достигает



максимального значения в горловине-наиболее узком сечении ПВА, где резко сказывается различная степень деформации капель жидкости различной вязкости.

Заключения

Таким образом на основании результатов проведенных исследований установлено, что вязкость орошающей жидкости при одинаковых гидравлических условиях влияет на сопротивление ПВА. Полученное эмпирическое уравнение (3) позволяет определить зависимость гидравлического сопротивления ПВА от определяющих параметров w_r , q , μ .

Список использованной литературы:

- [1]. Санакулов К.С., Бахронов Х.Ш., Ахматов А.А. Новые вихревые аппараты для решения экологических проблем в металлургии // «Современные состояние и направления развития технологий машинного и аппаратного обеспечения, эколого-безопасного природопользования и переработки промышленных подходов горнопромышленных комплексов на территории Евразийского экономического пространства». Международной научно-технической конференции, Минск-Солигорск, БГТУ, Республика Беларусь, 5-6 сентября 2019 года, стр. 101-107. <https://elib.belstu.by/handle/123456789/30537>
- [2]. Bakhronav Kh.Sh., Akhmatov A.A. Determination of optimal quantities and sizes of tangential swirlers of vortex devices in solidworks flow simulation // ISSN 2663-2934 (Print), ISSN 2663-2942 (Online) Journal of Chemistry and Technologies, 2021, 29(3), pp. 442-448. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v29i3.229656>
- [3]. Y. Fei, Q.-T. Xiao, J.-X. Xu, J.-X. Pan, S.-B. Wang, H. Wang, J.-W. Huang, A novel approach for measuring bubbles uniformity and mixing efficiency in a direct contact heat exchanger // Energy 2015, pp. 2313-2320. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.10.126>
- [4]. Jian-xin Xu, Qing-tai Xiao, Yin Chen, Yu Fei, Jian-xin Pan, Hua Wang, A modified L2-star discrepancy method for measuring mixing uniformity in a direct contact heat exchanger // International Journal of Heat and Mass Transfer (97), 2016, p.70-76. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.01.064>
- [5]. Jian-xin Xu, Qing-tai Xiao, Zhihan Lv, Junwei Huang, Ruoxiu Xiao, Jianxin Pan. New metrics for measuring multiphase mixing effects in a direct-contact heat exchanger // Applied Thermal Engineering 147 (2019), pp. 592-601, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.10.074>
- [6]. Zezhi Zeng, Abolfazl Sadeghpour, Y. Sungtaek Ju. Thermohydraulic characteristics of a multi-string direct-contact heat exchanger // International Journal of Heat and Mass Transfer 126 (2018) 536-544. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.05.060>