

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА  
«НАУКА И ПРОСВЕЩЕНИЕ»**



**НАУКА и ПРОСВЕЩЕНИЕ**  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

# **СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ**

**СБОРНИК СТАТЕЙ XXX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,  
СОСТОЯВШЕЙСЯ 25 ДЕКАБРЯ 2022 Г. В Г. ПЕНЗА**

**ПЕНЗА  
МЦНС «НАУКА И ПРОСВЕЩЕНИЕ»  
2022**

УДК 66.045.12

# ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СТРУКТУРЫ ПОТОКА В МНГОВИХРЕВОМ КОНТАКТНОМ УСТРОЙСТВЕ

**САХИБГАРЕЕВ НУРИСЛАМ ФАРИТОВИЧ**

магистрант

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

*Научный руководитель: Гильфанов Камиль Хабибович**д.т.н., профессор**ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»*

**Аннотация:** в этой научной статье авторы изучили зависимость изменения относительной высоты вихреобразования от размера конструкции полевой трубы с помощью численного моделирования, а также зависимость изменения относительной высоты вихреобразования от расхода текучей среды. Выполнение нескольких отверстий в основании способствует появлению многочисленных равномерных вихрей в воздушной или водной среде, которые влияют на интенсивность теплопередачи. Численное моделирование в программе ANSYS Fluent software было проведено исследование этого устройства. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что увеличение угловой скорости приводит к увеличению высоты вихрей. Относительная высота вихрей практически не зависит от их диаметра.

**Ключевые слова:** вихревые структуры, полевая труба, отверстия, теплопередача, теплообмен, вихревой поток.

## INVESTIGATION OF THE STABILITY OF THE FLOW STRUCTURE IN A MULTI-VORTEX CONTACT DEVICE

**Sakhibgareev Nurislam Faritovich***Scientific adviser: Gilfanov Kamil Khabibovich*

**Abstract:** In this scientific article, the authors studied the dependence of the change in the relative height of vortex formation on the size of the field pipe structure using numerical modeling, as well as the dependence of the change in the relative height of vortex formation on the flow rate of the fluid. The execution of several holes in the base contributes to the appearance of numerous uniform vortices in the air or water environment, which affect the intensity of heat transfer. Numerical simulation in the ANSYS Fluent software program, a study of this device was conducted. Analysis of the experimental data obtained showed that an increase in the angular velocity leads to an increase in the height of the vortices. The relative height of the vortices practically does not depend on their diameter.

**Key words:** vortex structures, the Field tube, holes, heat transfer, heat exchange, vortex flow.

На сегодняшний день многие промышленные объекты используют устройства с вихревыми потоками для повышения эффективности процессов разделения гетерогенных систем и тепломассообмена. Поэтому исследования в этой области среди зарубежных и отечественных авторов остаются актуаль-

ными и по сей день.

Например, одним из таких устройств является полевая трубка. Изобретение относится к машиностроению, а именно к полевым трубам для высокотемпературных трубчатых теплообменников, например, для прямоточных парогенераторов атомных электростанций с нагревательным жидкометаллическим теплоносителем. По этой теме были приведены результаты экспериментов по моделированию течения в кольцевом канале теплообменника и результаты расчета по оригинальной методике, разработанной автором [1, с. 70].

Авторы статьи [2, с. 123] предложили способ улучшения процесса теплообмена с использованием генератора магнитных вихрей, создающего закрученный поток наножидкости в теплообменниках. Закрученный поток из-за воздействия магнитного поля разрушает пограничный слой и увеличивает теплоотдачу до 320% при незначительном увеличении перепада давления. Позже в другой работе [3, с. 343], используя предложенный способ, исследователи из предыдущей статьи смогли добиться увеличения гидротермических и энергетических характеристик теплообменников до 90% и 33% соответственно.

В [4, с. 698] автор рассматривает проблему надежности и долговечности теплообменников закрытых газотурбинных установок. Одним из способов решения этой проблемы является использование полевой трубы. Показано, что при использовании разработанного метода численного расчета "газодинамической" защиты промышленной трубы, с точки зрения тепловой эффективности, это устройство может подходить к противоточному теплообменнику. Теплопередача по узким каналам с зазором широко используется в различных отраслях машиностроения, таких как аэрокосмическая и авиационная техника, микроэлектроника и ядерные реакторы. Однако в узком канале с зазором осаждаются посторонние вещества, которые загрязняют поверхность теплообмена при движении высокоскоростной жидкости, что приводит к ухудшению условий теплообмена.

Целью данной научной работы является изучение зависимости изменения относительной высоты вихреобразования от размеров конструкции устройства с помощью численного моделирования, а также зависимости изменения относительной высоты вихреобразования от расхода текучей среды. Высота рабочей зоны является важным параметром, так как от нее зависит эффективность работы устройства. Например, в работе [5, с. 503] показано влияние высоты уровня жидкости на эффективность предлагаемых контактных устройств. Представлены исследования влияния геометрических размеров устройства на эффективность работы всего аппарата. В данной работе предлагается использовать многовихревое контактное устройство с отверстиями, расположенными равномерно по окружности на нижнем конце внутренней трубки (рис. 1).

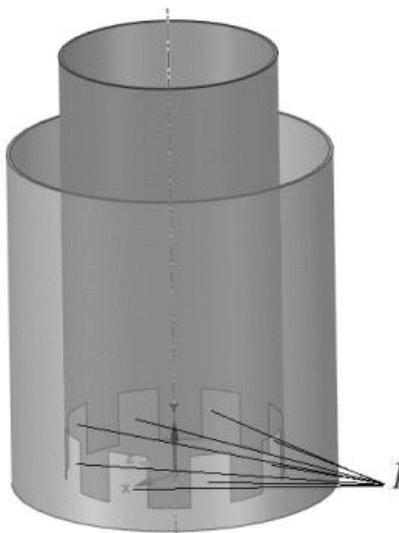


Рис. 1. 3D-модель многовихревого контактного устройства:  
1 - отверстия, равномерно расположенные по окружности

В качестве программы для анализа различных математических моделей турбулентности был выбран программный пакет ANSYS Fluent. Проведены экспериментальные исследования изменения относительной высоты вихрей в зависимости от скорости потока в конструкциях устройства с диаметрами вихрей 7,75, 15,5, 31 мм. В ходе экспериментов была исследована целостность вихревых структур, определена область начала разрушения вихревой структуры.

Учитывая важность существующей проблемы повышения эффективности процессов разделения гетерогенных систем и теплообмена, в результате исследования было установлено, что при высоких скоростях потока воды в конструкции диаметром 31 мм создаются вихри с большой относительной высотой, а при диаметре вихрей, равном 15,5 мм, численное моделирование показало, что вихри менее стабильны и склонны к мгновенному разрушению. Относительная высота вихрей практически не зависит от их диаметра.

#### Список источников

1. K. S. Egorov, "Improving the thermal efficiency of a Field pipe type heat exchanger," Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Power engineering, no. 1, pp. 69–76, 2007. (In Russian).
2. D. Shi, Y. Huang, H. Wang, W. Yuan and P. Fu, "Deoiling of oilcoated catalyst using high-speed suspending self-rotation in cyclone," Separation and Purification Technology, vol. 210, pp. 117–124, 2019.
3. W. Jedsadaratanachai, N. Jayranaiwachira and P. Promvong, "3D numerical study on flow structure and heat transfer in a circular tube with V-baffles," Chinese Journal of Chemical Engineering, vol. 23, no. 2, pp. 342–349, 2015.
4. W. Zenghui, L. Ruilan, J. Dounan, S. Guanghui, and Suizheng, Q, "Heat Transfer of Supper Gas in Narrow Annular Gap," Journal-Xian Jiaotong University, vol. 36, no. 7, pp. 697–700, 2002.
5. A. V. Dmitriev, O. S. Dmitrieva, I. N. Madyshev and A. N. Nikolaev, "Efficiency of the contact stage of a jet-film device during rectification of ethylbenzene–styrene mixture," Chemical and Petroleum Engineering, vol. 53, no. 7, pp. 501–507, 2017.