

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ УСТРОЙСТВ ПОДГОТОВКИ ПОТОКА В ТРУБАХ

Различные устройства и системы, основным рабочим телом которых является газ или жидкость, получили широкое распространение в технике. Отдельную группу таких устройств составляют пневмо-гидравлические устройства, где к потоку жидкости предъявляют особые требования по равномерности скорости в сечениях канала. Ярким примером таких агрегатов и систем могут служить аэродинамические трубы, газотурбинные двигатели, устройства для тарировки измерительных приборов. Для подготовки потока в подобных агрегатах используют различного рода устройства, позволяющие сделать его более однородным по скорости, разбить крупные вихри, спрямить по определённому направлению [1]. Высокую эффективность для достижения этих целей показали хонейкомбы [2]. Цель проведенной работы – изучить выравнивание полей скоростей и следов от пластин при удалении от хонейкомбов.

Рассматривается течение воды в канале тарировочной установки, основной рабочей частью является мерительная труба, хонейкомб на входе в неё и входной конус. Исследование процесса выравнивания полей скоростей проведено с помощью математического моделирования, основанном на решении основных уравнений гидродинамики.

На рисунке 1 представлен общий вид и основные геометрические характеристики канала установки, который состоит из входного конуса, хонейкомба и мерительной трубы.

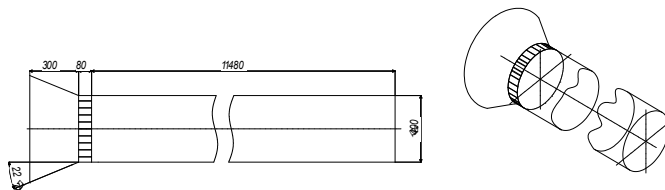


Рисунок 1 – Общий вид канала тарировочной установки

Моделирование проведено методом конечного объёма, базирующимся на численном решении систем дифференциальных уравнений в частных производных Навье-Стокса, осреднённых по методу Рейнольдса. Для замыкания этих уравнений применена модель турбулентности переноса касательных напряжений SST. Для реализации данного метода на основе трёхмерных геометрических моделей была создана рабочая область установки, образованная дискретизацией её объёма на конечные ячейки, в каждой из которых происходит интегрирование основных уравнений. В силу большой размерности

задачи принято решение использовать регулярную структурированную сетку, позволяющую получать более быструю и качественную сходимость задачи при меньшем количестве ячеек. Построение сетки осуществлено с помощью сеткогенератора Ansys ICFEM и Ansys Workbench. На рисунке 2 показана расчётная сетка в продольном и поперечном сечении трубы в районе стыка конуса, хонейкомба и трубы.

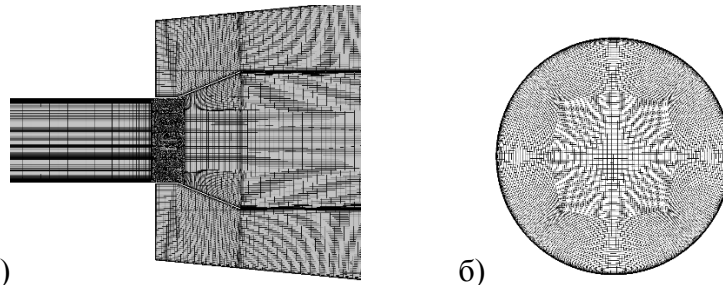


Рисунок 2 – Расчётная сетка сечениях трубы (в районе стыка конуса, хонейкомба и трубы): а) продольное сечение, б) поперечное сечение

Перед проведением моделирования течения воды в канале установки выполнены предварительные исследования на сеточную сходимость и определение оптимального значения относительной толщины первой ячейки  $y^+$ . Исследования показали, что общее количество ячеек в 17539200 оказалось наиболее оптимальным. Граничные условия определяются следующим образом. На входе в канал задана величина расхода воды, которые для различных вариантов расчёта составили 500; 1000; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000  $\text{м}^3/\text{ч}$ . На выходе из канала задано статическое давление, равное атмосферному. Атмосферное давление при моделировании составило 101325 Па, температура воды  $25^\circ\text{C}$ .

Моделирование проведено на суперкомпьютерном вычислительном центре «Сергей Королёв». Для получения решения потребовалось проводить по 1000 итераций на 96 ядрах суперкомпьютера в течение 17 часов на каждый вариант расхода воды в канале.

На рисунках 3, 4 представлены поля скоростей потока воды в канале трубы. Очевидно, что за решетками хонейкомбов наблюдается след от перегородок из-за торможения от трения жидкости о стенки перегородок.

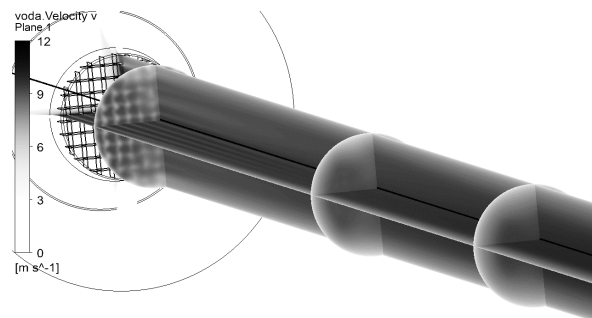


Рисунок 3 – Поле скоростей в канале трубы за решёткой хонейкомба в продольном и поперечном сечениях

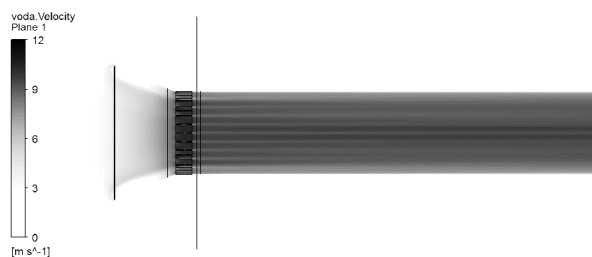


Рисунок 4 – Поле скоростей в канале трубы за решёткой хонейкомба в сечении

На рисунке 5 приведены графики изменения скорости потока по высоте канала трубы в различных её сечениях при разных расходах воды в канале – 1000 и 4000 м<sup>3</sup> соответственно. Из этих графиков можно заключить, что неравномерный характер профиля скорости, вызванный прохождением решётки хонейкомба, выравнивается за счёт внутреннего трения слоёв вязкой жидкости уже через 10 калибров.

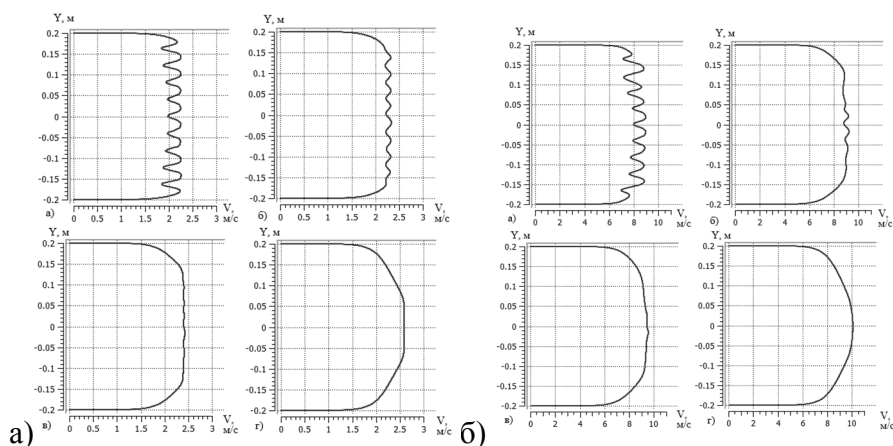


Рисунок 5 – Профили скорости жидкости в трубе на расстоянии от хонейкомба а) 0,2 м; б) 1,6 м; в) 4 м; г) 10 м; а) при расходе 1000 м<sup>3</sup>/ч, б) при расходе 4000 м<sup>3</sup>

Анализ полученных результатов моделирования течения воды позволяет сделать ряд выводов:

- за хонейкомбами получен неравномерный профиль скоростей, вызванный пластинками хонейкомба;
- вниз по потоку происходит выравнивание профиля скорости за счёт внутреннего трения слоёв жидкости.

### Библиографический список

1. Vesenjак M., Ren Z., Öchsner A. Computational Simulations of Regular Open-Cell Cellular Structures with Fillers/LS-DYNA Anwenderforum, Ulm 2006.
2. Дербунувич Г.И., Лаврухина С.П., Михайлова Н.П., Репик Е.У., Соседко Ю.П. Гидравлическое сопротивление хонейкомба [Текст]/ Ученые записки ЦАГИ. – Том 24, №2, 1993, С. 107-113.