

Бревнов А. А.
к.т.н., доцент,
Рязанова Ю. С.
магистрант

Донбасский государственный технический институт, г. Алчевск, ЛНР

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВА ЛАМИНАРИЗАЦИИ ПОТОКА

Одним из основных условий для нормального функционирования и эффективной работы некоторых гидродинамических фильтров является формирование устойчивого однородного прямолинейного потока жидкости на входе в устройство очистки. Поэтому возникает необходимость в создании таких условий с помощью дополнительного элемента в общей гидравлической системе фильтрации.

Эффективный способ ламинаризации потока текучей среды заключается в образовании в потоке аэро- или гидродинамического хонейкомба (сотовой конструкции), представляющего собой систему ламинаризованных струй, прошедших перфорацию. Хонейкомб выравнивает поток по направлению, разбивая крупные вихри, а также уменьшает неравномерность распределения продольных скоростей.

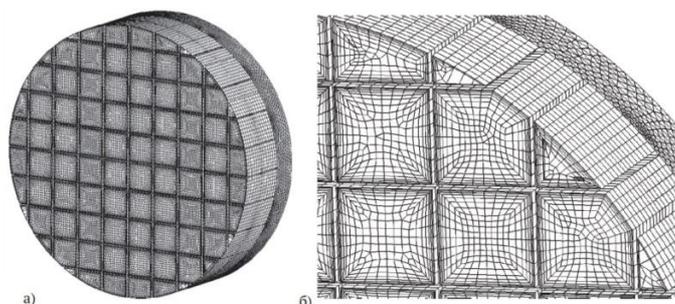
Уменьшение возмущений потока является необходимым условием для эффективной работы гидродинамических фильтров с закруткой потока, на входе которых необходимо сформировать устойчивый качественный однородный поток жидкости.

Седов Л. И. указывал на малоизученную проблему турбулентности в аэродинамических трубах [1]. По мнению автора от исследования потока, поступающего в аэродинамическую трубу, зависит все качество и ценность экспериментальных результатов, добываемых при этом.

Наглядным примером ламинарного потока может служить дугообразный поток воды в фонтане, например в Disney World, который создается путем принудительного движения без перемешивания отдельных слоев жидкости. При этом нет никаких брызг, когда вода приземляется на другом конце. Отсутствие всплесков и летящих во все стороны брызг, может служить дополнительным доводом в применении ламинарного потока в области промышленного клининга [2].

В работе [3] рассматривается задача исследования потока в круглой трубе за хонейкомбом с помощью математического моделирования для изучения гидродинамических характеристик потока после прохождения через это устройство. На рисунке 1 показан общий вид хонейкомба с расчетной сеткой для численного моделирования потока.

Расчет течения в длинной трубе показывает, что достаточное выравнивание потока происходит примерно на расстоянии в 15–20 раз превышающем поперечный размер потока. Это довольно громоздкая конструкция, габариты которой можно уменьшить за счет установки разделительных элементов (хонейкомба), по схеме на рисунке 2.



а — общий вид; б — вблизи перегородок хонейкомба

Рисунок 1 — Сетка хонейкомба

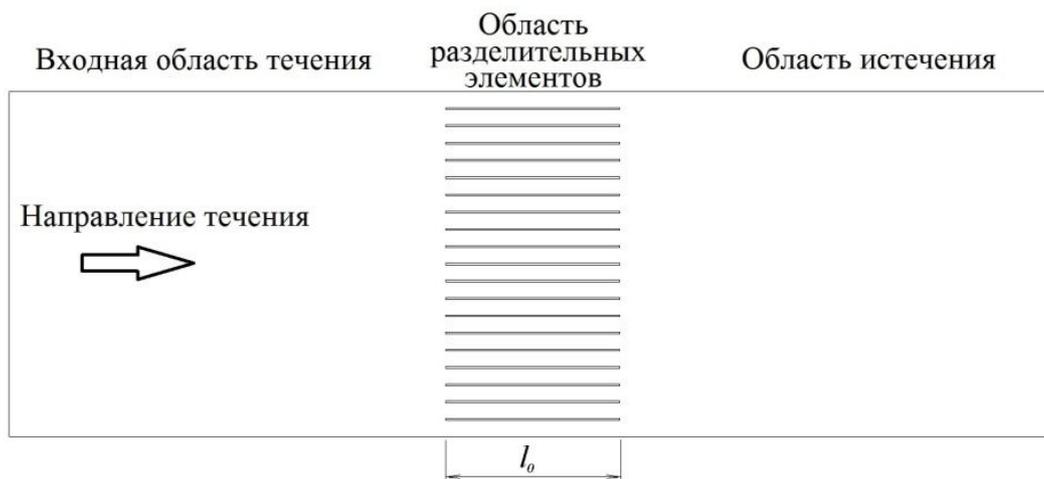


Рисунок 2 — Область течения

В результате расчета в прикладном пакете математических подпрограмм Fluent различных сочетаний количества разделительных элементов, их длины и поперечных размеров был получен наиболее рациональный вариант сочетания геометрических и гидродинамических характеристик ламинаризатора. Общий вид профилей скорости в таком случае подтверждает выравнивание потока в направлении основного течения. Характерный профиль скорости в одном из конечных сечений показан на рисунке 3.

Распределение чисел Рейнольдса в выходных сечениях хонейкомба представлено на рисунке 4. Числа Рейнольдса имеют более высокие значения при течении в разделительных элементах и составляют порядка двух десятков единиц, а после слияния отдельных струй образуется общее течение, число Рейнольдса которого приобретает значение около 1, что подтверждает ламинарный режим течения на выходе из хонейкомба.

Перепад давления в хонейкомбе зависит от поперечных и продольных размеров разделительных элементов. На рисунке 5 представлены графики изменения значений перепада давления от геометрических параметров хонейкомба в рассмотренном диапазоне.

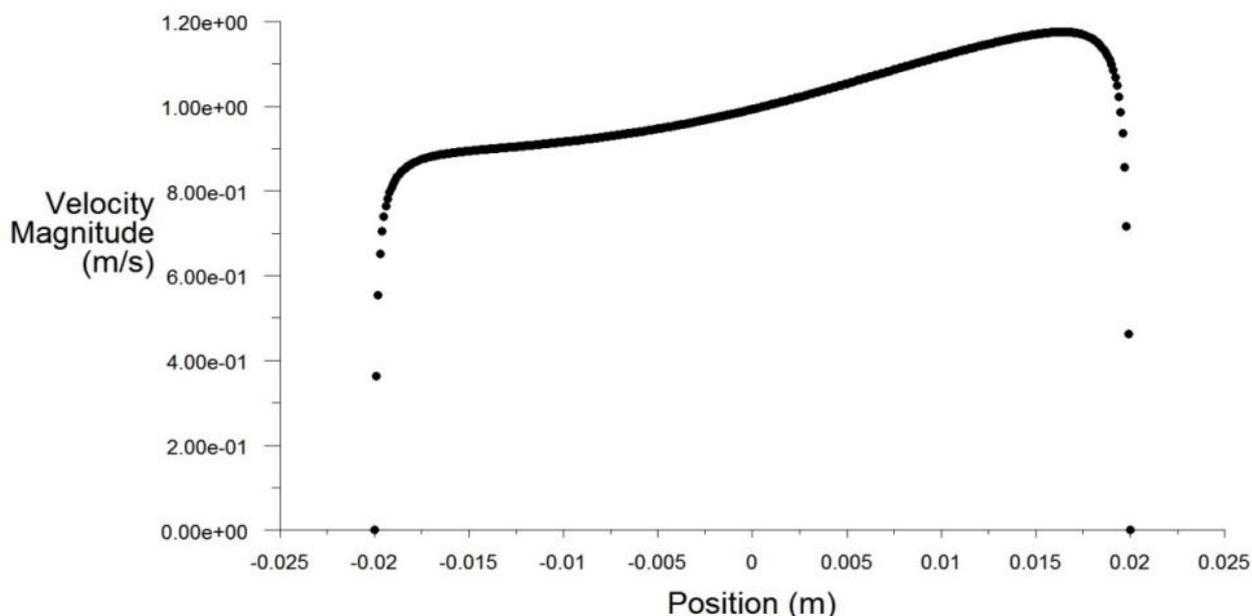


Рисунок 3 — Характерный профиль скорости в выходном сечении

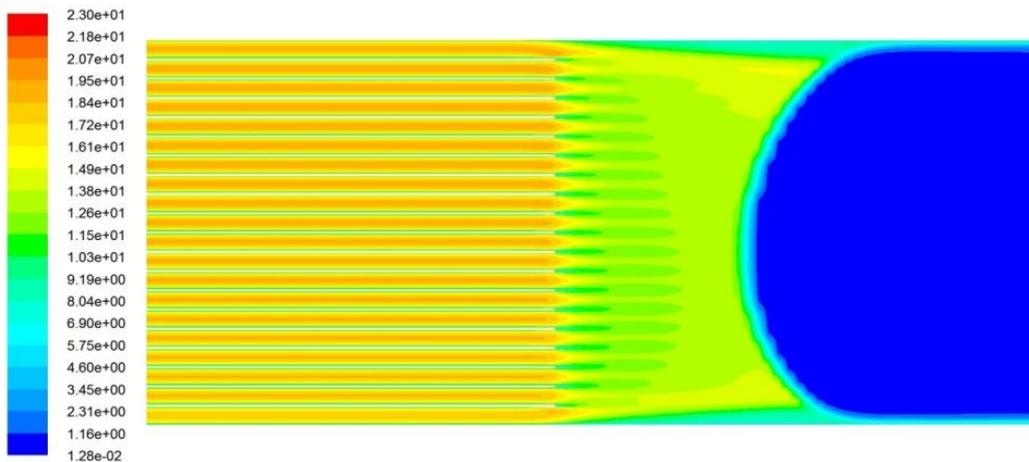
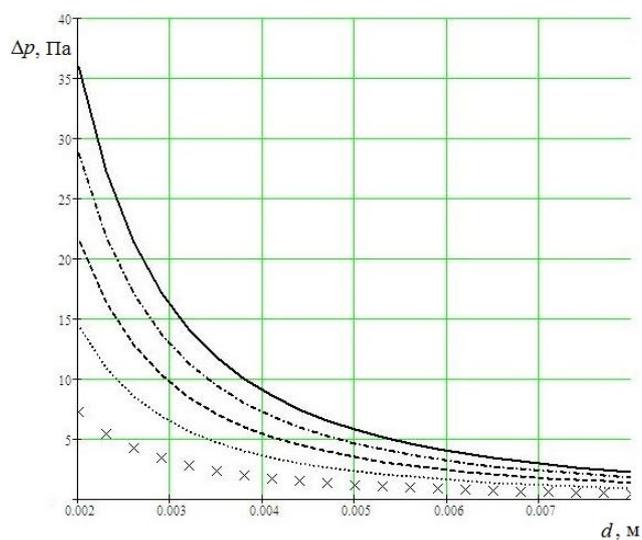


Рисунок 4 — Числа Рейнольдса на выходе из хонейкомба



××× $l_0 = 20\text{мм}$; ···· $l_0 = 40\text{мм}$; --- $l_0 = 60\text{мм}$; -·-·- $l_0 = 80\text{мм}$; — $l_0 = 100\text{мм}$

Рисунок 5 — Зависимость перепада давления от величины поперечного размера элементов хонейкомба

В результате проведенных расчетов было разработано устройство ламинаризации потока на входе в гидродинамический фильтр с закруткой потока, которое позволяет создать благоприятные условия для эффективной работы фильтра за счет формирования ламинарного течения в его входном сечении. Неравномерный характер профиля скорости, вызванный прохождением потока через решетки хонейкомба, выравнивается за счет внутреннего трения слоев вязкой жидкости. В результате формируется устойчивый качественный однородный прямолинейный поток жидкости, необходимый для обеспечения благоприятных начальных условий работы гидродинамического фильтра.

Список литературы

1. Седов, Л. И. Новые методы и новые направления механики сплошной среды / Л. И. Седов // Нерешенные задачи механики и прикладной математики. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1977. — С. 125–138.
2. Ламинарный поток [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://bkpromcleaning.ru/laminarnyj-potok>.
3. Численное моделирование формирования потока в круглой трубе за хонейкомбом / И. Б. Александров, Е. И. Куркин, О. Е. Лукьянов, В. О. Садыкова, В. Г. Шахов. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2016. — Т. 18. — № 4. — С. 115–119.