

## РАСЧЁТ ХАРАКТЕРИСТИК ЛОГИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА СТРУЙНОЙ АВТОМАТИКИ

Развитие автоматики и широкое её применение во всех отраслях промышленности поставило задачу создания дешёвых, надёжных и простых систем регулирования, способных выполнять сложные функции. Один из возможных путей решения этой задачи – применение пневмогидроавтоматики. Развитие пневмоавтоматики привело к созданию широкой гаммы устройств, выполняющих такие функции, как, например, сбор информации (датчики с пневматическим выходом, пневматические выключатели и др.), преобразование и хранение информации (пневматические регуляторы, оптимизаторы, вычислительные аналоговые устройства, релейные системы), представление информации (регистрирующие устройства, индикаторы), осуществление управляющего воздействия (пневматические исполнительные устройства).

Предметом исследования в данной работе является элемент струйной техники, выполняющий логическую операцию «ИЛИ–НЕ–ИЛИ», представленный на рисунке 1. Подобные устройства используют небольшие рабочие давления порядка 0,5 кПа.

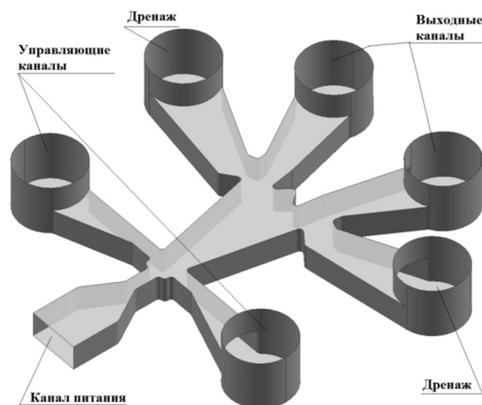


Рисунок 1 – Схема логического элемента

Устройство оснащено каналом для питания воздухом/газом, управляющими каналами, выходными каналами, и каналами связи с атмосферой. В канал питания подаётся воздух с определённым давлением. Управляющие каналы служат для подачи управляющих сигналов (воздух) с целью отклонения струи воздуха, направленной из канала питания, влево или вправо.

Для теоретического исследования процесса функционирования рассматриваемого устройства применена математическая модель метода конечного объёма, основанного на решении уравнений Навье-Стокса. Для замыкания систем уравнений в данном

исследовании использована модель турбулентности переноса касательных напряжений (SST). На основе трёхмерной геометрической модели (см. рис.1) сгенерирована рабочая область путём дискретизации рабочего объёма логического элемента на конечные объёмы, образующие в совокупности расчётную сетку.

Геометрические особенности рассматриваемого логического элемента позволяют использовать для расчёта структурированные расчётные сетки, что обеспечивает лучшую сеточную сходимость, снижает расчётное время, даёт большую точность при меньшем количестве ячеек. Упорядоченная регулярная структура сетки имеет блочный характер. Подобная структура внутри круглых каналов предотвращает появление остроугольных ячеек, плохо сказывающихся на процессе сходимости и устойчивости решения.

Для моделирования вязкого взаимодействия стенки каналов и газа предусмотрен градиентный рост толщины ячеек с поверхности канала. Выбор толщины первой ячейки на поверхности внутренних каналов устройства осуществлён, опираясь на обеспечение рекомендуемой величины относительной толщины первой ячейки  $y^+$ . Проведен ряд предварительных расчётов для анализа сеточной сходимости и определения распределения значения  $y^+$  по стенкам модели элемента, величина которого не должна превышать пяти единиц для выбранной модели турбулентности. Общее количество ячеек рабочей области в 2 700 000 штук является для данной модели оптимальным с точки зрения сеточной сходимости.

Согласно техническим характеристикам подобных устройств были заданы граничные условия модели элемента. На входе в канал питания задана скорость потока  $18 \text{ м/с}$ , на входе в управляющие каналы задавалось давление от 0 до  $400 \text{ Па}$  в зависимости от задаваемого режима работы элемента. На выходных каналах элемента задавалось условие отсутствия избыточного давления. Выходы дренажных каналов позволяют перетекать газу в обоих направлениях. Использована модель сжимаемого вязкого газа. В процессе проведения численного эксперимента проводилось моделирование течения газа внутри каналов логического элемента для оценки влияния величины давления управляющих сигналов на отклонение струи канала питания, создающей расход в том или ином выходном канале элемента. Расчёт распределённых (поля скоростей и давлений) и интегральных (расход, давление) газодинамических характеристик рассматриваемого логического элемента проведён для вариантов подачи давления от 0 до  $450 \text{ Па}$  поочерёдно в левый и правый управляющий каналы. На рисунке 2а представлено поле скоростей в каналах логического элемента при подаче давления  $350 \text{ Па}$  на левый управляющий канал.

Для отрыва «прилипшей» к левой стенке элемента вязкой струи газа и перенаправления её в другой выходной канал необходимо подать давление в правый управляющий канал. Для рассмотренного случая понадобилось подать давление в  $400 \text{ Па}$  (см. рисунок 2б).

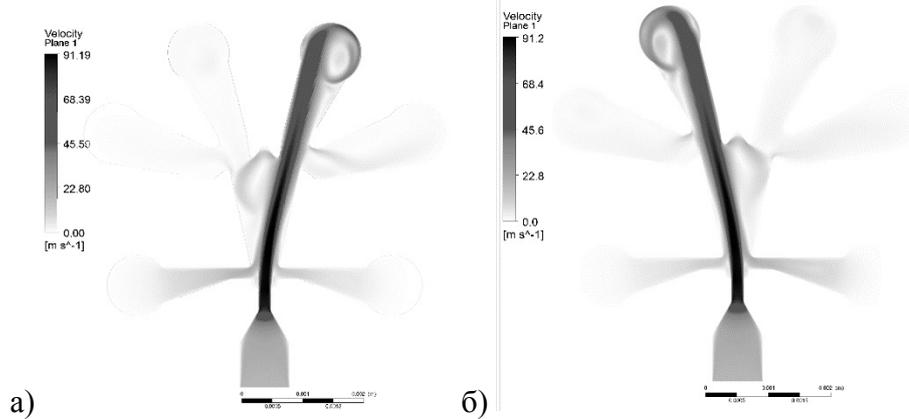


Рисунок 2 – Поле скоростей в каналах логического элемента, м/с, а) давление в левом управляющем канале  $350 \text{ Па}$ , б) давление в правом управляющем канале  $400 \text{ Па}$

На рисунке 3 приведены графики зависимостей относительных расходов в выходных каналах от относительных давлений в управляющих каналах. Сплошная линия соответствует изменению расхода воздуха в левом выходном канале  $W_{\text{вых}}$  в зависимости от давления управляющего канала  $P_{\text{упр}}$ , соотнесённые к расходу в канале питания  $W_{\text{пит}}$  и давлению в канале питания  $P_{\text{пит}}$  соответственно. Пунктирная линия соответствует изменению расхода воздуха в правом выходном канале в зависимости от давления управляющего канала.



Рисунок 3 – Графики зависимостей относительных расходов в выходных каналах от относительных давлений в управляющих каналах

Анализ результатов исследований позволяет сделать вывод, что такое свойство газа, как вязкость, при его течении в каналах логического устройства может реализовывать эффект Коанда. Подача давления в один из управляющих каналов элемента

является причиной «прилипания» питающей струи газа к противоположной стенке центрального канала элемента, что создаёт расход в одном из выходных каналов. Отключение управляющего сигнала не влечёт за собой переключения выходного сигнала, так как струя вязкого газа остаётся прилипшей к противоположной стенке центрального канала. Для переключения выходного сигнала необходимо подать давление в другой управляющий канал, что вызовет прилипание струи газа к другой стенке центрального канала и образование расхода воздуха уже в другом выходном канале.