

Расчетно-графическая работа

Задание. С помощью МКО рассчитать турбулентное течение жидкости в элементе гидравлической системы из [1]. Диаметр элемента $D_0 = 0.1$ м, жидкая среда – воздух. Построить линии тока, вектора скорости, изолинии полного давления, графики полного давления вдоль оси симметрии (средней линии) и величины относительного пристеночного шага Δy_1^+ вдоль стенок. Определить коэффициент гидравлического сопротивления элемента

$$\zeta = \frac{\Delta \bar{p}_0}{\rho w_{1(2)}^2 / 2}$$

и сравнить его со справочным значением согласно [1]. Здесь $\Delta \bar{p}_0 = \bar{p}_{01} - \bar{p}_{02}$ – потери полного давления, $\bar{p}_{01}$ и $\bar{p}_{02}$ – осредненные полные давления в 1-м и 2-м контрольных сечениях, ρ – плотность жидкости, $w_{1(2)}$ – средняя скорость, используемая в [1].

Вариант	Элемент из [1]	Вариант	Элемент из [1]
1	Коллектор с плоской торцевой стенкой и экраном (диаграмма 3-5, стр. 126-127), $\frac{r}{D_c} = 0.5$, $\frac{h}{D_c} = 0.2$	2	Вход из ограниченного объема с утолщенной кромкой (диаграмма 3-9, стр. 129), $\frac{b}{D_c} = 0.1$, $\frac{\delta_1}{D_c} = 0.02$
3	Внезапное расширение при $Re = w_0 D_r / \nu \geq 3.3 \cdot 10^3$ без дефлекторов (диаграмма 4-1, стр. 158), $\frac{F_0}{F_2} = 0.4$	4	Внезапное сужение при $Re = w_0 D_r / \nu > 10^4$ без дефлекторов (диаграмма 4-9, стр. 165), $\frac{F_0}{F_1} = 0.6$
5	диафрагма с острыми краями (диаграмма 4-11, стр. 167), $\frac{l}{D_c} = 0.015$, $\frac{F_0}{F_2} = 0.6$, $\frac{F_0}{F_1} = 0.4$	6	диафрагма с утолщенными краями (диаграмма 4-15, стр. 170), $\frac{l}{D_c} = 0.2$, $\frac{F_0}{F_1} = 0.3$
7	Диффузор круглого сечения (диаграмма 5-2, стр. 211) с равномерным полем скоростей на входе, $Re = w_0 D_0 / \nu \geq 4 \cdot 10^5$, $n_{п1} = 2$, $\alpha = 8^\circ$	8	Диффузор круглого сечения с криволинейной образующей (диаграмма 5-8, стр. 233) по схеме на рис. 5-19, ж (стр. 198), $\frac{l_0}{D_c} = 3$, $\frac{F_0}{F_1} = 0.5$
9	Диффузор круглого сечения со ступенчатыми стенками (диаграмма 5-9, стр. 235), $\alpha = \alpha_{опт}$, $\frac{l_0}{D_0} = 3$, $\frac{F_2}{F_0} = 2.5$	10	Диффузор кольцевой с внутренним обтекателем (диаграмма 5-19, стр. 244), $n_{п1} = 2$, $\alpha = 16^\circ$, $\alpha_1 = 8^\circ$
11	Конфузор круглого сечения (диаграмма 5-23, стр. 249-251) с прямолинейными образующими, $n_0 = 0.25$, $\alpha = 10^\circ$	12	Переходный участок (диаграмма 5-26, стр. 254) при $Re = w_0 D_0 / \nu > 10^4$, $\frac{l_0}{D_0} = 1$, $\frac{F_1}{F_0} = 2.25$

13	Колено П-образной формы (180°) (диаграмма 6-15, стр. 299-300) с острыми кромками поворота, гладкими стенками, $b_k = b_1 = b_0$, $Re = w_0 b_0 / \nu \geq 2 \cdot 10^5$, $\frac{l_k}{b_0} = 1$	14	Колено П-образной формы (180°) (диаграмма 6-16, стр. 300-301) с закругленными кромками поворота, $\frac{l_0}{D_e} = 10$, $Re = w_0 D_r / \nu \geq 10^4$, $\frac{l_k}{D_e} = 2$, $\frac{r}{D_0} = 0.5$
15	Тройник вытяжной (диаграмма 7-1, стр. 343), $\frac{F_b}{F_c} = 0.4$, $\frac{Q_b}{Q_c} = 0.6$	16	Тройник вытяжной (диаграмма 7-4, стр. 346), $\frac{F_b}{F_c} = 0.4$, $\frac{Q_b}{Q_c} = 0.6$
17	Тройник проточный (диаграмма 7-19, стр. 365), $\alpha = 45^\circ$, $\frac{w_b}{w_c} = 1$	18	Тройник (диаграмма 7-29, стр. 379) со слиянием потоков, без перегородки, $\frac{F_{1b}}{F_c} = 0.5$, $\frac{Q_b}{Q_c} = 0.7$
19	Тройник (диаграмма 7-31, стр. 381) с разделением потока под углом 45° (схема 3), ответвления впритык, $\frac{Q_2}{Q_1} = 0.5$	20	Крестовина прямая (диаграмма 7-38, стр. 394), $\frac{F_b}{F_c} = 0.284$, $\frac{F_{1b}}{F_{2b}} = 1$, $\frac{Q_{1b}}{Q_{2b}} = 1$

Указания. В вариантах 1-12 элементы и течение в них считать двумерными осесимметричными, в остальных вариантах – двумерными плоскими. В соответствии с этим построить расчетную область с входным и выходным участками (в осесимметричном случае – верхнюю половину элемента и участков над осью канала – осью Oх). Длина входного участка задается в соответствии с данными [1], при их отсутствии – один калибр (D_0). Длина выходного участка – три калибра, по результатам первого расчета корректируется по протяженности отрывной зоны за элементом.

Так как при течении вязкой жидкости вблизи стенок возникают пограничные слои, то при генерации сетки обязательно создавать пристеночную сетку из четырехугольных ячеек ("Inflation") с количеством слоев не менее 20, пристеночным шагом 10^{-5} м и плавной стыковкой с сеткой в остальной части расчетной области, где желательны ячейки четырехугольной формы, а на поперечное сечение канала должно приходиться не менее 30 ячеек (без пристеночной сетки). На границах расчетной области создать именованные выделения "Named Selection" для расстановки на них в решателе граничных условий: обязательно "inlet" для входной и "outlet" для выходной границ (сечений), "wall" – для стенок (групповое выделение с зажатой клавишей "CTRL"), "axis" – для оси симметрии. Примеры генерации конечно-объемных сеток см. в [2].

После загрузки сетки в решатель ANSYS Fluent (в загрузчике выбрать "2D" и "Display Mesh After Reading") в пункте "General" обязательно провести проверку сетки "Mesh" -> "Check"; если моделируется осесимметричное течение, то выбрать "2D Space" -> "Axisymmetric".

Для активации модели турбулентности в пункте "Models" вызвать (двойным щелчком "мыши") "Viscous", в появившемся окне "Viscous Model" выбрать "Model" -> "k-omega", "k-omega Model" -> "SST".

Для задания граничных условий использовать пункт "Boundary Conditions". Скорость на входной границе задавать в соответствии с данными [1] по числу Рейнольдса, при их отсутствии – ориентироваться на $Re = 10^5$.

Настройки решателя оставить по умолчанию, кроме пункта "Monitors", где в "Residual" задать для всех уравнений "Absolute Criteria" = "1e-9".

В пункте "Initialization" выбрать "Standard Initialization" и нажать на "Initialize", что после необходимых расчетов приведет к заданию начальных условий, снесенных в область с входной границы.

Перед запуском на счет сохранить файлы проекта: "File" -> "Write" -> "Case & Data".

Приступить к расчету: в пункте "Run Calculation" нажать на кнопку "Calculate". В ходе расчета добиться падения графиков невязок решаемых уравнений ниже заданного уровня ($1e-9$) и/или их выхода на "полочку". Если ни того, ни другого не произошло, то продолжить расчет (возможно, с уменьшенным значением допустимой невязки). Данные сошедшегося решения сохранить в "dat"-файл.

Для создания дополнительных линий и контрольных сечений использовать пункты меню "Surface"->"Create"->"Iso-Surface"либо "Line/Rake".

Графическая обработка результатов – в пунктах "Graphics" (изолинии "Contours", вектора скорости "Vectors", линии тока "Pathlines") и "Plots" (график вдоль линии "XY Plot").

Для определения осредненного полного давления в контрольном сечении использовать "Reports" -> "Surface Integrals", в появившемся окне выбрать "Report Type" = "Area-Weighted Average", "Field Variable" = "Pressure...Total Pressure", "Surface" = <имя линии>. Нажать "Compute", результаты смотреть в текстовом окне.

Литература

1. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение, 1992. 672 с.
2. Гостеев Ю.А. Создание двумерных сеток в программе ANSYS MESHING. Лабораторный практикум: методическое пособие [для 3-4 курсов]. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017 (<https://elibrary.nstu.ru/source?id=64139>, https://ciu.nstu.ru/lib_redirect?id=375094).