XXXII Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции. Ч.IV : С.32-33

УДК 621.822-72; 532

Т.В.Лунегова (5 курс, каф. ПМ), Ю.К.Шиндер, к.ф.-м.н., доц.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ В ТОНКИХ ЗАЗОРАХ МЕЖДУ ДВУМЯ ПОВЕРХНОСТЯМИ

Согласно гидродинамической теории смазки, течение вязкой несжимаемой жидкости в канале между двумя поверхностями описывается уравнением Рейнольдса теории смазки [1]:

$$\operatorname{div}\left(H^3 \cdot \nabla p\right) = 6s\mu \frac{\partial H}{\partial x_1}, \qquad (1)$$

где H – толщина зазора между поверхностями, p – давление, s – скорость, с которой движется нижняя поверхность, μ – динамическая вязкость жидкости.

В работе рассматривается связь решения уравнения Рейнольдса и решения системы Навье-Стокса при различных величинах минимального зазора. Так как в реальных задачах краевые условия непосредственно на входе в канал и выходе из него неизвестны, то при решении системы Навье-Стокса рассматривалась более широкая область, чем просто канал, чтобы выяснить, какие краевые условия получаются на входе и выходе из канала. У входа и выхода имеются камеры, размеры которых велики по сравнению с высотой канала.

Для решения были выбраны три вида задач: канал постоянной высоты; канал, высота которого изменяется по линейному закону; канал, высота которого – кусочно-постоянная функция. На рис. 1 приведена геометрия одной из рассматриваемых задач.

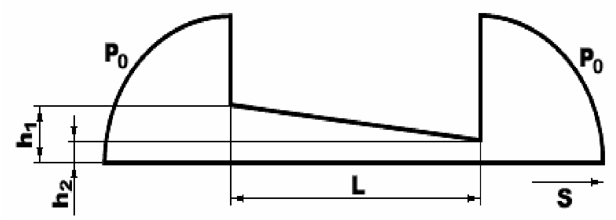

Рис. 1. Канал, высота которого изменяется линейно

Численные эксперименты для указанных задач проводились с использованием пакета прикладных программ ANSYS/FLOTRAN. В данном пакете решается полная система Навье-Стокса, которая имеет вид [2]:

$$\begin{cases} (\mathbf{V} \cdot \nabla)\mathbf{V} = \mathbf{F} - \dfrac{1}{\rho} \cdot \nabla p + \nu \Delta \mathbf{V} \\ \nabla \cdot \mathbf{V} = 0 \end{cases}, \qquad (2)$$

где $\mathbf{V}$ – вектор скорости, ρ – плотность, ν – кинематическая вязкость, p – давление.

Для системы Навье-Стокса ставились следующие задачи (например, для канала, высота которого изменяется линейно, рис. 1):

$p_0 = 0$ Па – давление на внешних границах камер, $s = 1$ м/с – скорость нижней поверхности, на остальных участках границы рассматриваемой области (верхняя поверхность канала, вертикальные стенки камер) – условие прилипания;

$$L = 0.2 \text{ м}, \ \frac{h_1}{h_2} = 2; \ \frac{h_2}{L} = 0.1, \ \frac{h_2}{L} = 0.01, \ \frac{h_2}{L} = 0.001.$$

В результате показано, что при уменьшении толщины зазора решение системы Навье-Стокса стремится к решению уравнения Рейнольдса. На рис. 2 приведены графики зависимостей $\frac{P(x)}{P_{max}}$, полученные в результате решения уравнения Рейнольдса и системы Навье-Стокса для задачи с каналом, высота которого изменяется линейно. Видно, что при отношении $\frac{h_2}{L} = 0.001$, где h_2 – минимальная высота, L – длина канала, разница между этими решениями достаточно мала, порядка 2%.

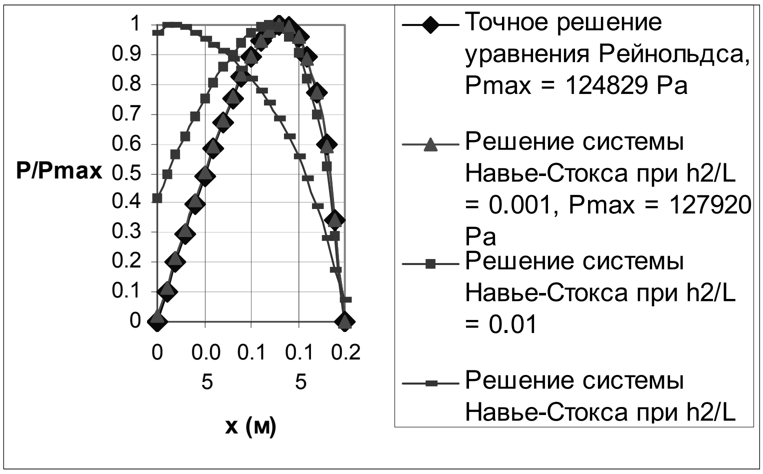

Рис. 2. Графики зависимостей $\frac{P}{P_{max}}(x)$ для задачи с каналом, высота которого изменяется линейно

Аналогичные результаты были получены и для других типов каналов.

Таким образом, для достаточно узких каналов ($\frac{h_2}{L} = 0.001$) решение уравнения Рейнольдса практически совпадает с решением системы Навье-Стокса.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Reynolds O. On the theory of lubrication and its application to M Beauchamp Tower's experiments, Phil Trans Roy Soc London, 1886.
2. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. Москва, "Наука", 1970. 904 с.