

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАСТОЙНОЙ ЗОНЫ ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ МИКРОСТРУКТУРНОЙ ЖИДКОСТИ МЕЖДУ КОАКСИАЛЬНЫМИ ЦИЛИНДРАМИ ПРИ НАЛИЧИИ ГРАДИЕНТА ДАВЛЕНИЯ

М. В. Егоров

Воронежский Государственный Университет, Факультет Прикладной математики,
информатики и механики, Кафедра Теоретической и прикладной механики
egorovmv89@mail.ru

Цель работы: Исследование течения вязкой несжимаемой жидкости с учетом микроструктуры в цилиндрическом зазоре.
Численное моделирование решения краевой задачи с постановкой граничных условий на внутренней и внешней гранях зазора.

Система дифференциальных уравнений для распределения осевой скорости (по направлению трубы) v_z радиуса r имеет следующий вид:

$$\begin{cases} (h^2/6) \cdot v_z^{IV} \cdot r^2 + (h^2/6) \cdot v_z''' \cdot r + v_z'' \cdot r^2 + v_z' \cdot r + 2 \cdot q \cdot r^2 = 0 \\ v_z|_{r=R_-} = 0 \\ v_z''|_{r=R_-} + \frac{d}{3} \cdot v_z'''|_{r=R_-} = 0 \\ v_z''|_{r=R_+} - \frac{d}{3} \cdot v_z'''|_{r=R_+} = 0 \\ v_z|_{r=R_+} = V_0, \end{cases} \quad (1)$$

где $q = \frac{\Delta P}{2\mu \cdot L}$, ΔP - перепад давления [Па], L - длина трубы [м], μ - коэффициент динамической вязкости [Па·с], h - характерное микроструктурное расстояние [м], d - микроструктурный диаметр [м], R_-, R_+ - внешний и внутренний радиус зазора [м], V_0 - скорость движения внешнего цилиндра [м].

Введены следующие замены для перехода к безразмерному виду: $\bar{v} = \frac{v}{V_0}$, $\bar{h} = \frac{h}{R_-}$,

$\bar{r} = \frac{r}{R_-}$, $\bar{d} = \frac{d}{R_-}$, $\bar{q} = \frac{q \cdot R_-^2}{V_0}$. Знак безразмерности в уравнениях(1) опущен.

Данная система уравнений с граничными условиями (1) решалась путем построения конечно – разностной схемы и решения полученной системы линейных алгебраических уравнений методом прогонки. График функции $v_z(r)$ представлен на рис. 1,2.

Анализ полученных численных результатов показал наличие области с малой скоростью движения(застойной зоны). Этот факт заставил сделать предположение о наличии застойной зоны с границами $[R_-, r^*]$, где граница r^* заранее неизвестна. Поиск требуемой точки проводился путем введения требований одновременной малости скорости и первой производной от скорости до величины порядка ε . Эта точка соответствует приближенной неподвижности, недеформируемости края зоны покоя.

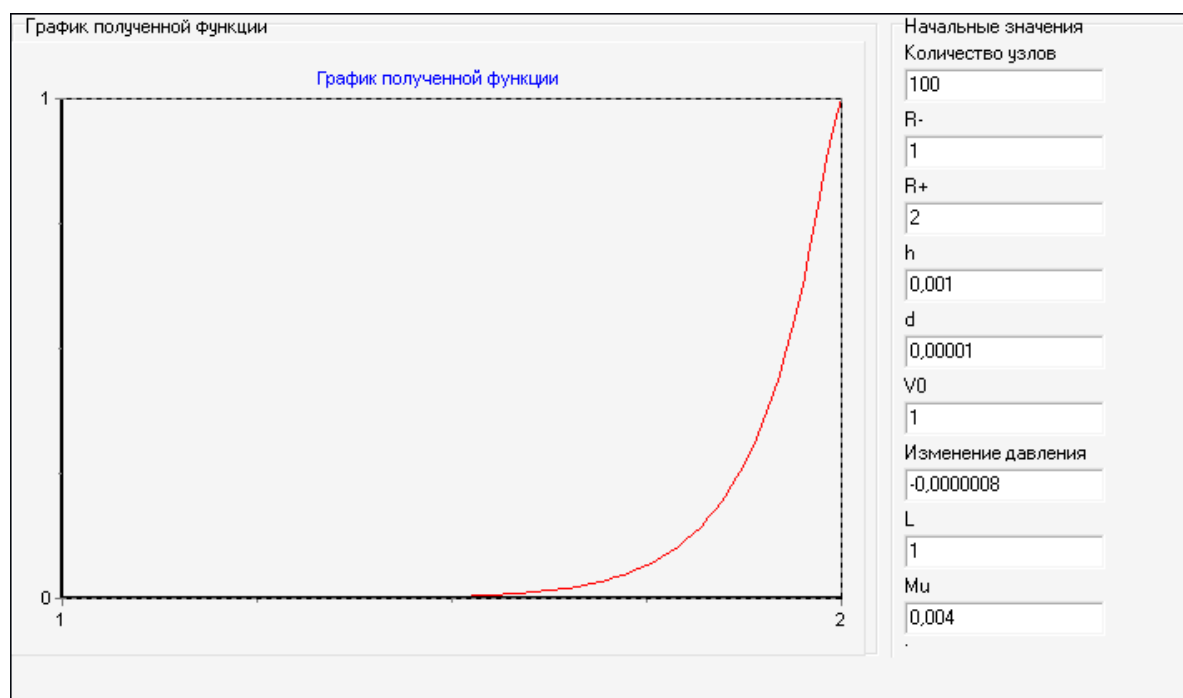


Рис. 1 Распределение скорости течения в кольцевом зазоре

В поставленных начальных значениях крайняя точка застоя $r^* = 1,53$.

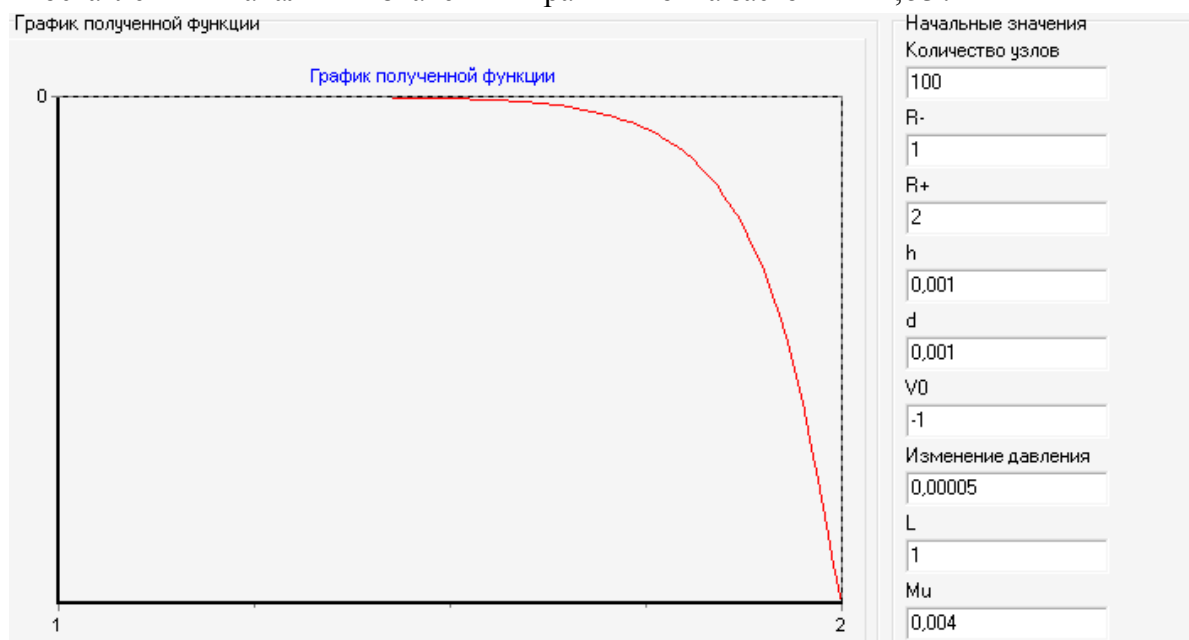


Рис. 2 Распределение скорости течения в кольцевом зазоре

В поставленных начальных значениях крайняя точка застоя $r^* = 1,38$.

Предложенный метод позволяет произвести качественную оценку течения вязкой несжимаемой жидкости с недеформируемым наполнителем в кольцевом канале при градиенте давления и условии движения внешней границы и определить геометрические размеры зоны течения с малой скоростью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вервейко Н. Д., Быкова М. И., Шашкина С. А. Сумец П. П. Течение и деформирование материалов однородной микроструктуры. /М.: Издательство – полиграфический центр ВГУ, 2010. 191 с.
2. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. /М: Наука, 1970. 904 с.