

С. А. Юрьев

ВЛИЯНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОНИЦАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ЦИЛИНДРА НА СТРУКТУРУ ТЕЧЕНИЯ С ЕГО ВНЕШНЕЙ СТОРОНЫ

В статье описаны результаты численного исследования влияния сопротивления проницаемой поверхности на структуру течения вблизи вращающегося проницаемого цилиндра. Получены зависимости коэффициента, характеризующего равномерность потока жидкости через поверхность, от скорости потока и величины сопротивления пористой поверхности.

Ключевые слова: вращающийся проницаемый цилиндр, численное моделирование, гидродинамическое сопротивление

1. Введение

Исследования, о которых говорится в докладе, относятся к гидродинамике закрученных потоков жидкостей и газов. Закрутка жидкости и газа широко используется в различных технических приложениях для интенсификации и совершенствования производственных процессов. Широкое практическое применение закрученные потоки получили при интенсификации тепло- и массообмена, разделении и смешении многокомпонентных сред, управлении структурой потока. Поэтому исследования в данном направлении являются актуальными.

2. Постановка проблемы

Данные по гидродинамике течения между вращающимися цилиндрами не могут быть достаточно полными без комплексного изучения факторов, влияющих на структуру потока. Неисследованной проблемой является изучение влияния гидравлического сопротивления вращающейся поверхности при вынужденном радиальном потоке жидкости через нее на структуру течения вблизи вращающегося проницаемого цилиндра.

3. Основная часть

3.1. Анализ литературных источников по теме исследования. В работе [1] проанализированы современные подходы к описанию гидродинамических процессов вблизи вращающегося в ограниченном пространстве проницаемого цилиндра. Показаны особенности возникновения и развития макровихрей в кольцевой области снаружи вращающегося цилиндра.

В [2, 3] обоснован подход к моделированию турбулентных течений в рассматриваемой области.

В приведенных работах показано, что при определенных условиях, возникающие в кольцевой области вторичные течения, могут блокировать значительную часть поверхности вращающегося проницаемого цилиндра для потока жидкости, что нежелательно в целом ряде практических применений. По результатам, представленным в [1], можно предположить, что сопротивление проницаемой поверхности существенно влияет на устойчивость течения к образованию макровихрей и на характер и интенсивность макровихревых течений.

3.2. Результаты исследования. Для изучения влияния сопротивления вращающейся проницаемой цилиндрической перегородки на характер течения в ее окрестности, рассматривалась задача о неизотермическом движении жидкости в области, ограниченной двумя цилиндрами: неподвижным наружным и проницаемым внутренним, вращающимся с угловой скоростью Ω . Для ее решения использовалось численное моделирование.

Из рис. 1 видно, что при одних и тех же значениях окружных Re_ϕ и радиальных Re_r чисел Рейнольдса, которые определяются, как $Re_\phi = \frac{\Omega R_1^2}{\nu}$

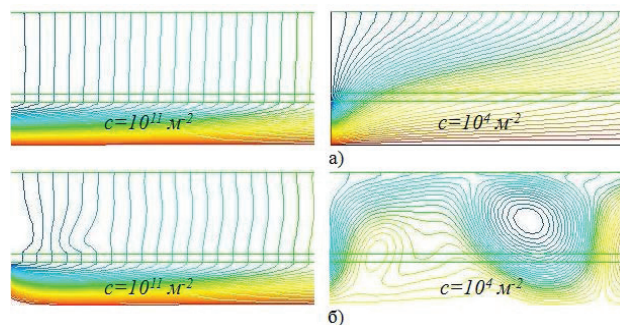


Рис. 1. Линии тока течения, проходящего через пористую перегородку, в зазоре между вращающимися цилиндрами при $Re_\phi = 10^4$ (а) и $Re_\phi = 2 \cdot 10^5$ (б)

и $Re_r = \frac{v_o R_1}{\nu}$ соответственно (v_o — скорость протока жидкости через поверхность вращающегося цилиндра, R_1 — радиус вращающегося цилиндра), структура потока в зазоре между вращающимися цилиндрами может существенно отличаться в зависимости от величины коэффициента сопротивления с пористой поверхностью.

Для рассмотрения влияния сопротивления с пористой перегородки на структуру течения в зазоре между вращающимися цилиндрами был введен безразмерный коэффициент неравномерности k_{vr} , который показывает распределение потока, проходящего через перегородку, в осевом направлении. Этот коэффициент определялся как отношение модуля разности максимальной величины местной скорости протока жидкости через перегородку и ее среднего значения к среднему значению скорости

протока $\left(k_{vr} = \frac{|\Delta v|_{\max}}{v_o} \right)$. На рис. 2 представлены зависимости коэффициента неравномерности k_{vr} от скорости протока и величины сопротивления пористой перегородки c .

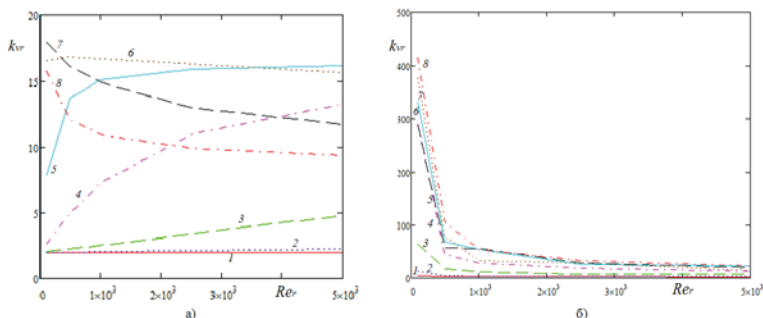


Рис. 2. Значение коэффициента неравномерности k_{vr} для $Re_\phi = 10^4$ (а) и $Re_\phi = 2 \cdot 10^5$: 1 — $c = 10^{11} \text{ м}^{-2}$; 2 — $c = 10^{10} \text{ м}^{-2}$; 3 — $c = 10^9 \text{ м}^{-2}$; 4 — $c = 10^8 \text{ м}^{-2}$; 5 — $c = 10^7 \text{ м}^{-2}$; 6 — $c = 10^6 \text{ м}^{-2}$; 7 — $c = 10^5 \text{ м}^{-2}$; 8 — $c = 10^4 \text{ м}^{-2}$

Полученные зависимости позволяют определить минимальное значение сопротивления перегородки, обеспечивающее равномерный проток жидкости через поверхность, что необходимо в практических приложениях.

Литература

1. Мочалин Е. В. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил [Текст] / Е. В. Мочалин, А. А. Халатов. — Киев : Ин-т техн. теплофизики НАН Украины, 2010. — Т. 8: Гидродинамика закрученного потока в ротационных фильтрах. — 428 с.
2. Мочалин Е. В. Выбор модели турбулентности для анализа течения снаружи вращающегося пористого цилиндра [Текст] / Е. В. Мочалин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2007. — № 2/6(26). — С. 20–26.

3. Мочалин Е. В. Особенности моделирования макровихревых течений жидкости вблизи вращающегося пористого цилиндра [Текст] / Е. В. Мочалин // Вісник Східноукраїнського національного університету. — 2007. — № 12(118). — С. 146–153.

ВПЛИВ ОПОРУ ПРОНИКНОЇ ПОВЕРХНІ ОБЕРТОВОГО ЦИЛІНДРА НА СТРУКТУРУ ТЕЧІЇ З ЙОГО ЗОВНІШНЬОГО БОКУ

С. О. Юр'єв

У статті описані результати чисельного дослідження впливу опору проникної поверхні на структуру течії поблизу обертового пористого цилиндра. Отримано залежності коефіцієнта, що характеризує рівномірність протікання рідини крізь обертову поверхню від швидкості протікання і величини гідравлічного опору пористої поверхні.

Ключові слова: обертовий пористий циліндр, чисельне моделювання, гідродинамічний опір.

Сергій Олександрович Юр'єв, аспірант кафедри теоретичної і будівельної механіки Донбаського державного технічного університету, тел.: (093) 729-58-60, e-mail: jurick@bk.ru.

INFLUENCE OF PERMEABLE SURFACE RESISTANCE OF ROTATING CYLINDER ON THE OUTSIDE FLOW STRUCTURE

S. Yuriev

The paper describes the results of numerical study of the effect of permeable surface resistance on the flow structure in the vicinity of the rotating permeable cylinders. The dependences for the coefficient of uniformity of flow from flow rate and the porous surface resistance are obtained.

Keywords: rotating permeable cylinder, numerical simulation, hydraulic resistance.

Sergei Yuriev, post-graduate student of Department of Theoretical and structural mechanics of Donbas State Technical University, tel.: (093) 729-58-60, e-mail: jurick@bk.ru.