НЕСТРУКТУРИРОВАННОЕ ТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ В КАНАЛАХ МАГНИТНОЙ МУФТЫ

@ Р.Р. Гизатуллин, С.Н. Пещеренко

gizatullin-fcsm@mail.ru, peshcherenko@yandex.ru

УДК 532.54

DOI: 10.33184/mnkuomsh2t-2021-10-06.65.

Методами вычислительной гидродинамики изучалось течение жидкости в узких каналах магнитной муфты, применяемой для защиты погружного электродвигателя. Установлено, что в зазоре между корпусом и внешней полумуфтой реализуется ламинарное течение с вихрями Тейлора.

Ключевые слова: магнитная муфта, вихри Тейлора, ламинарное течение, вычислительная гидродинамика

Unstructured fluid flow in the channels of the magnetic coupling

The fluid flow in narrow channels of a magnetic coupling used to protect a submersible motor was studied using the methods of computational fluid dynamics. It was found that a laminar flow with Taylor vortices is realized in the gap between the housing and the outer coupling half.

Keywords: magnetic coupling, Taylor vortices, laminar flow, computational fluid dynamics

Основной вид течения в магнитной муфте — это течение в узком зазоре между вращающимся и неподвижным цилиндрами. Его можно наблюдать в зазоре между внешней полумуфтой и корпусом муфты, а также в зазоре между внутренней полумуфтой и защитным экраном. Течение между коаксиальными цилиндрами, один из которых вращается, было изучено Дж. И. Тейлором [1, 2] и определяется выражением:

$$Ta = \frac{U_i d}{\nu} \sqrt{\frac{d}{R_i}},$$

где Ta — число Тейлора, U_i — окружная скорость внутреннего цилиндра, d — ширина зазора между внутренним и внешним цилиндром, R_i — радиус внутреннего цилиндра, ν — кинематическая вязкость жидкости.

Гизатуллин Роман Ринатович, старший преподаватель, ПНИПУ (Пермь, Россия); Roman Gizatullin (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia)

Пещеренко Сергей Николаевич, доктор физ.-мат. наук, профессор, ПНИПУ (Пермь, Россия); Sergey Peshcherenko (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia)

При небольших частотах вращения, когда $Ta \geq 41.3$ наблюдается ламинарное течение с вихрями Тейлора (правильно чередующиеся вихри с правым и левым вращением и с осями, параллельными направлению окружной скорости вращающегося цилиндра). При $Ta > 400$ течение становится полностью турбулентным, хаотическим [3, 4].

В магнитной муфте между корпусом и внешней полумуфтой $R_i = 0.059$ м, $d = 0.001$ м, $f = 100$ Гц, $\nu = 1.3 \cdot 10^{-5}$ м²/с. Число Тейлора $Ta = 371$. Течение содержит вихри, см. рисунок 1. Также из рисунка 1 видно, что часть линий тока расположены между вихрями и огибают их. Эти линии характеризуют течение продольной прокатки вдоль гильзы.

Рис. 1. Вихри Тейлора в зазоре между корпусом и внешней полумуфтой

Между защитным экраном и внутренней полумуфтой $R_i = 0.03951$ м, $d = 0.001115$ м, $f = 100$ Гц, $\nu = 3.9 \cdot 10^{-5}$ м²/с. Число Тейлора $Ta = 11.8$. Течение ламинарное, вихрей нет, линии тока имеют вид спиралей. Реализуется только продольная прокатка жидкости.

Литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учеб. пособ.: Для вузов. В 10 т. Т. VI. Гидродинамика. — 5-е изд., стереот. — М.: Физматлит. 2001. 736 с.
2. Дразин Ф. Введение в теорию гидродинамической устойчивости / М.: Физматлит. 2005. — 288 с.
3. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1969.
4. Аржаник А.Р., Михайличенко Ю.П., Сотириади Г.Н. Постановка демонстраций ячеек Бенара и вихрей Тейлора. // Физическое образование в вузах. / А.Р. Аржаник, Ю.П. Михайличенко, Г.Н. Сотириади. — 2000. — т. 6. — № 4. — С. 60-67.