

**Численное исследование движения двухмассового виброробота в вязкой жидкости. Анализ гидродинамических сил.****Научный руководитель – Егоров Андрей Геннадьевич***Юнусова А.И.<sup>1</sup>, Нуриев А.Н.<sup>2</sup>*

1 - Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия;

2 - Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Одна из простейших моделей вибрационного устройства, способного перемещаться в сопротивляющейся среде, может быть представлена в виде двухмассовой системы, состоящей из замкнутого корпуса и подвижного внутреннего груза. Устройства подобной архитектуры часто называют вибророботами. Периодическое движение внутренней массы вызывает движение корпуса (по закону сохранения центра масс системы), которое в свою очередь встречает сопротивление внешней среды. Именно это сопротивление определяют возможность направленного движения всей системы и его эффективность.

При изучении движения виброробота в вязкой жидкости и вопросов его оптимизации нелинейное гидродинамическое сопротивление является ключевым неизвестным фактором. Практически все предыдущие исследования этого вопроса опирались на гипотезу о квазистационарности течений вокруг корпуса робота, пренебрегая при этом наследственными эффектами [1], связанными с предысторией движения, или используя вместо них упрощенные аппроксимационные зависимости [2]. Целью настоящей работы является изучение реальных гидродинамических сил, действующих на виброробот. Исследование этой задачи выполняется численно на базе подхода предложенного в работе [3].

С помощью численного моделирования было проведено исследование класса двухфазных законов движения вибрационного устройства с клиновидным корпусом, полученного в работе [1] при оптимизации движения в рамках упрощенных квазистационарных моделей взаимодействия. Расчеты проводились в диапазоне малых значений числа Рейнольдса  $Re < 270$ , в котором применима гипотеза о плоском ламинарном обтекании. По результатам моделирования была предложена аппроксимация гидродинамических сил, позволяющая выделить инерциальные (отвечающие эффекту присоединенных масс) и вязко-вихревые (оказывающие непосредственное влияние на движение) составляющие. На основании обработки многочисленных расчетов было установлено, что мгновенное число Рейнольдса, вычисленное по скорости движения на прямой и возвратных фазах, не является универсальным параметром подобия (как это обычно предполагается в квазистационарных моделях). Для нескольких случаев были построены параметрические зависимости для сил сопротивления и найдены оптимальные соотношения параметров движения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-31-00462 мол\_а).

**Источники и литература**

- 1) Егоров А.Г., Захарова О.С. Оптимальное по энергетическим затратам движение виброробота в среде с сопротивлением // ПММ. 2010. Т. 74. Вып. 4. С. 620–632.
- 2) Егоров А.Г., Захарова О.С. Оптимальное квазистационарное движение виброробота в вязкой жидкости // Известия ВУЗов. Математика. 2012. Вып. 2. С. 57–64.
- 3) Нуриев А.Н., Захарова О.С. Численное моделирование движения клиновидного двухмассового виброробота в вязкой жидкости // Вычислительная механика сплошных сред. 2016. Т. 9. №1. С. 5-15.