

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МИФИ»

**VI МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ЛАЗЕРНЫЕ, ПЛАЗМЕННЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ -
ЛАПЛАЗ-2020»**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Часть 1

Москва

УДК: 001.89 [621.373.8+533.9+539.1+530.1+620.3+519.7](06)

ББК 72+22.383

М 43

VI Международная конференция «Лазерные, плазменные исследования и технологии - ЛаПлаз-2020» Сборник научных трудов. Ч.1. М.: НИЯУ МИФИ, 2020. – 463 с.

Сборник научных трудов содержит тезисы докладов, включенных в программу VI Международной конференции «Лазерные, плазменные исследования и технологии – ЛаПлаз-2020», которая прошла с 11 февраля по 14 февраля 2020 года в НИЯУ МИФИ. Организатором конференции выступает Институт лазерных и плазменных технологий НИЯУ МИФИ.

Тематика конференции охватывает широкий круг вопросов: лазерная физика и лазерные технологии; физика плазмы и плазменные технологии; сверхсильные лазерные поля; управляемый термоядерный синтез; современные проблемы теоретической физики; прикладная математика и математическое моделирование; современные проблемы физики твердого тела, функциональных материалов и наносистем; ускорители заряженных частиц и радиационные технологии; современные проблемы квантовой метрологии, физика высокой плотности и энергии, электрофизическое и ядерное приборостроение.

Тезисы получены до 30 января 2020 года.

Материалы издаются в авторской редакции.

Ответственный редактор – Крупышева П.О.

ISBN 978-5-7262-2655-2

©Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ», 2020

Вас.С. ИВАНОВ^{1,2}, Р.Р. ТУХВАТУЛЛИНА², В.С. ИВАНОВ²,
С.М. ФРОЛОВ^{1,2}

¹Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия,

²Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова
Российской академии наук, Москва

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ В КОРОБКЕ ПЕРЕДАЧ МЕТОДОМ СГЛАЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Разработана вычислительная программа для трехмерного расчета течений вязкой несжимаемой жидкости методом сглаженных частиц в условиях сложной геометрии с подвижными элементами. Для проверки численного алгоритма проведено сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными и с данными конечно-объемных расчетов других авторов по крутящему моменту и скорости жидкости в зубчатой коробке передач с шестернями, частично погруженными в моторное масло. Получено удовлетворительное количественное и качественное согласие результатов расчетов и измерений.

Vas.S. IVANOV^{1,2}, R.R. TUKHVATULLINA², V.S. IVANOV²,
S.M. FROLOV^{1,2}

¹National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute),

²Moscow, Russia, N. N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics of the Russian
Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

MATHEMATICAL MODELING OF THE FLOW OF INCOMPRESSIBLE LIQUID IN A GEAR BOX BY THE SPH METHOD

A computer code for three-dimensional simulation of the flows of viscous incompressible liquid by the Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) method in complex geometries with moving parts has been developed. To validate the numerical algorithm, the results of numerical simulations are compared with experimental data, as well as with the computational results obtained by other authors by the finite volume method, in terms of the mechanical torque and liquid velocity field for the problem of the gear box operation with rotating wheels partly immersed in motor oil. Satisfactory quantitative and qualitative agreement between the results has been obtained.

В настоящее время при решении задач гидродинамики вязких несжимаемых и сжимаемых течений в условиях сложной геометрии с подвижными элементами предпочтение часто отдают бессеточным численным алгоритмам, основанным на методе сглаженных частиц (МСЧ) [1]. Нами разработан собственный параллельный алгоритм МСЧ, использующий графические процессоры (GPU) для решения задач газовой динамики с элементами, затрудняющими применение обычных сеточных методов (очень узкие щели,

вращающиеся и контактирующие диски и т. д.). Математическая модель основана на уравнениях гидродинамики, описывающих движение вязкой несжимаемой жидкости. Разностный аналог дифференциальных уравнений сохранения массы и количества движения имеет следующий вид:

$$\rho = const$$

$$\frac{dv_i}{dt} = - \sum_{j=1}^N m_j \left(\frac{P_i}{\rho_i^2} + \frac{P_j}{\rho_j^2} + P_{ij} \right) \nabla W_{ij} + F_i,$$

$$P = \rho g (h_{ref} - h)$$

где ρ – плотность, v_i – скорость i -той частицы, m_j – масса j -той частицы, p – давление, P_{ij} – член, моделирующий искусственную вязкость, и h – высота столба жидкости.

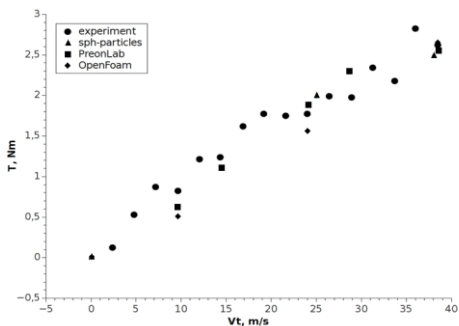


Рис. 1 Результаты численных расчетов крутящего момента системы

Для проверки зитма нами проведены расчеты ящего момента и поля ости жидкости в зубчатой бке передач с шестернями, ично погруженными в рное масло. Расчеты едены для различных режимов ы зубчатой передачи эйна скорость вращения от 0 м/с до 8 м/с). На Рис. 1 представлено сравнение крутящего момента системы с экспериментальными данными, а также с результатами

других авторов [2]. Из Рис. 1 видно удовлетворительное количественное и качественное согласие результатов наших расчетов с экспериментальными данными и расчетами других авторов. Расчетные поля скорости жидкости после выхода системы на квазистационарный режим также удовлетворительно согласуются с результатами расчетов по методу конечных объемов [2].

Список литературы

1. Gingold R.A., Monaghan J.J. // Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 1977, № 181, 375
2. Concli, F., & Gorla, C. // Tribology International, 2016, 103, 58–68.