

А. С. Горобцов, А. А. Насонов, А. А. Новокщёнов, В. О. Фирсова,
А. Е. Андреев

Параллельные алгоритмы расчета циркуляции смазывающей жидкости в зубчатых редукторах

АННОТАЦИЯ. В статье рассматривается расчет параметров циркуляции смазывающей жидкости в зубчатых редукторах механизмов различного типа. Представлен метод моделирования циркуляции смазывающей жидкости внутри полости редуктора с использованием метода частиц.

Метод расчета циркуляции масла реализован в рамках программного пакета. В нем реализованы методы подготовки сетки внутренних поверхностей сборок и алгоритм расчета циркуляции. Исследована возможность масштабирования данного подхода при использовании алгоритмов параллельных вычислений.

Ключевые слова и фразы: Мультифизическое моделирование, смазывающая жидкость, метод частиц, сеточные модели, параллельные вычисления.

Введение

Расчет параметров циркуляции смазывающей жидкости имеет важное значение при проектировании зубчатых редукторов для машин и механизмов различного типа. Особенностью такой задачи являются пространственные граничные условия сложной конфигурации, нестационарность, многофазность среды. Решение этой задачи с помощью дифференциальных уравнений гидродинамики достаточно сложно с точки зрения описания математической модели и требует значительных вычислительных затрат. В настоящей работе представлен метод моделирования циркуляции смазывающей жидкости внутри полости редуктора с помощью метода частиц [1].

1. Использование эвристического метода частиц

К методу частиц относят широкий круг вычислительных методов, применимых как к дифференциальным уравнениям, так и к различным эвристическим подходам. Для расчета параметров циркуляции масла рассмотрен эвристический метод частиц. Объем жидкости рассматривается как совокупность заданного числа частиц. Формализованы несколько правил движения частиц, совокупность которых описывает их динамику. Движение частиц рассматривается во внутренней полости редуктора, которая задается кубической сеткой (решеткой). Для задания начальных скоростей частиц используются специальные модели типичных конструктивных элементов разбрызгивателей. К рассчитываемым параметрам циркуляции относятся определение относительного количества масла, проходящего по участкам поверхностям внутренней полости редуктора и достижимость различных узлов редуктора.

Рассматриваемый подход обладает возможностью высокого масштабирования при использовании алгоритмов параллельных вычислений, поскольку вычисление движения каждой частицы можно выполнять независимо на достаточно большом временном интервале [4].

2. Реализация метода расчёта циркуляции масла

Метод расчета циркуляции масла реализован в рамках программного пакета мультифизического моделирования [2][3]. В пакете реализованы методы подготовки сетки внутренних поверхностей сборок по САД геометрии и алгоритм расчета циркуляции. Рассмотрен пример вычисления циркуляции масла для редуктора главной передачи колесного автомобиля — рисунок 1.

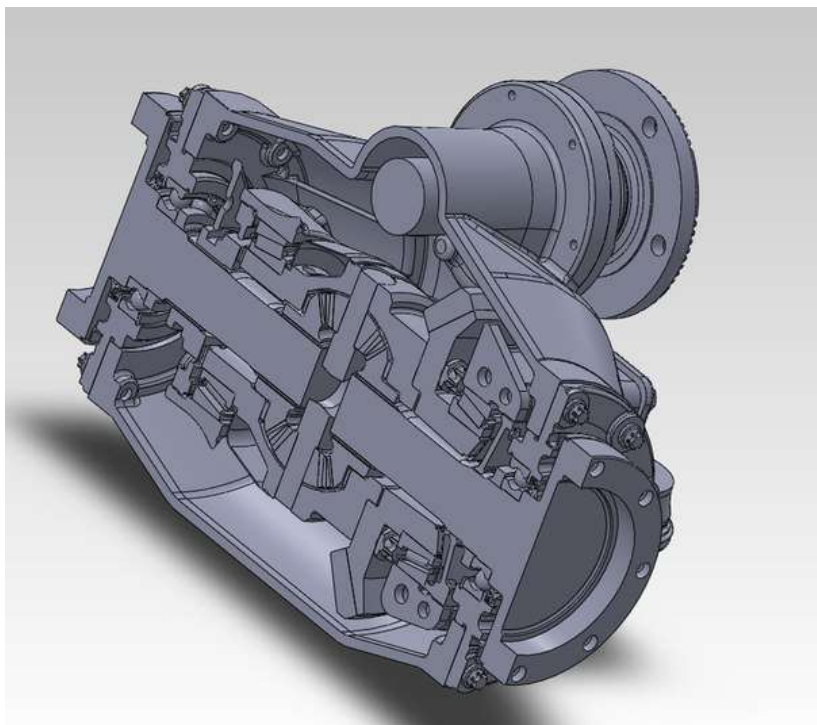


Рис. 1. 3D Модель рассчитываемого редуктора.

На рисунке 2 показана сетка внутренней полости редуктора, полученная по геометрии, представленной на рисунке 1. Генерировались сетки с числом ячеек до $38 \cdot 10^6$.

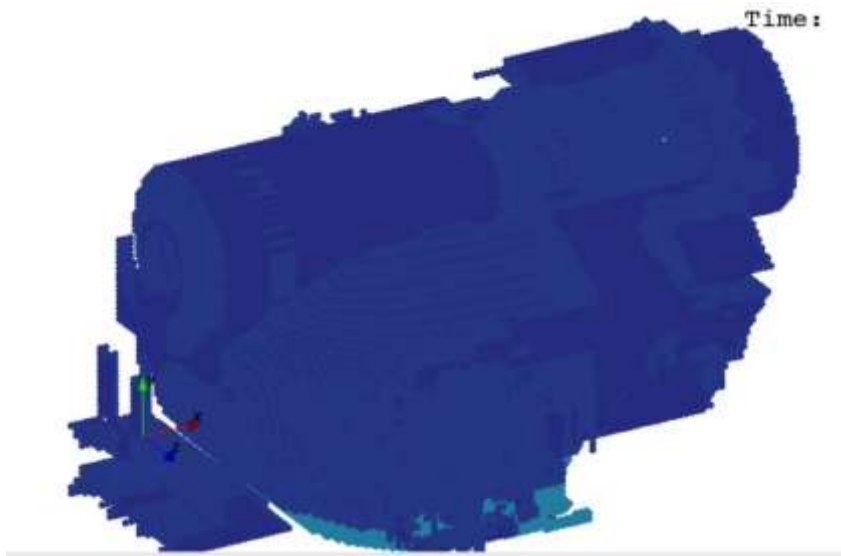


Рис. 2. Кубическая сетка расчёта внутреннего объёма

На рисунках 3 — 4 показано расположение масла в редукторе в начальный момент времени и после 7 секунд работы. На рисунке 4 хорошо видны омываемые поверхности внутренней полости редуктора.

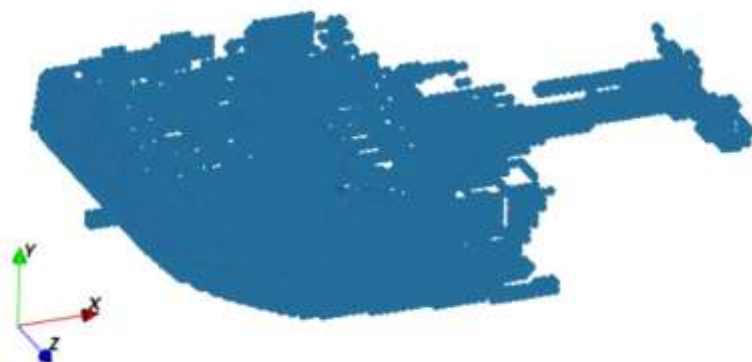


Рис. 3. Расположение масла в редукторе в начальный момент времени

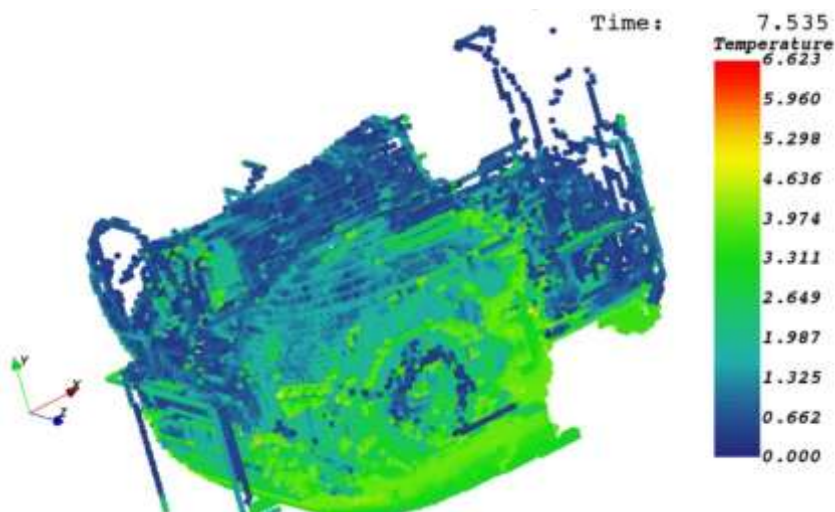


Рис. 4. Расположение масла в редукторе после 7 секунд работы

Была исследована эффективность распараллеливания алгоритма на вычислительном узле кластера ВолгГТУ с процессором

AMD Opteron 6300 с 64 вычислительными ядрами. Было получено ускорение в 55,4 раза.

Заключение

Предложенный алгоритм расчёта динамики многофазной среды при сложных ограниченных условиях имеет высокий коэффициент масштабирования при распараллеливании. На его основе могут быть построены решатели для различных инженерных задач.

Список литературы

- [1] Chen JS., Pan C., Wu CT., Liu WK. *Reproducing kernel particle methods for large deformation analysis of non-linear.*// Comput. Methods Appl. Mech. Eng. 1996. №139(1-4), P. 195-227 .
- [2] А. С. Горобцов, В. В. Гетманский, А. Е. Андреев, Duy Trung Doan *Simulation and Visualization Software for Vehicle Dynamics Analysis Using Multibody System Approach.* // Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. CIT&DS 2015 : First Conference (Volgograd, Russia, September 15-17, 2015) : Proceedings / ed. by A. Kravets, M. Shcherbakov, M. Kultsova, O. Shabalina. – [Switzerland] : Springer International Publishing, 2015. – P. 379-391. – (Ser. Communications in Computer and Information Science. Vol. 535).
- [3] Горобцов А.С., Карцов С.К., Плетнев А.Е., Поляков Ю.А. *Компьютерные методы построения и исследования математических моделей динамики конструкций автомобилей:* монография. – М.: Машиностроение, 2011. 462 с.
- [4] Сергеев, Е.С., Гетманский В.В., Горобцов А.С. *Перенос системы многотельной динамики на вычислительный кластер* // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского гос. политехн. ун-та, 2010, Вып. 101, с. 93-99.




A. S. Gorobtsov, A. A. Nasonov, A. A. Novokshenov, V. O. Firsova, A. E. Andreev. Parallel algorithms for calculation of circulation of the lubricating fluid in gear reducers.

ABSTRACT. Calculation of parameters of circulation of the lubricating fluid in gear reducers of mechanisms of different types is considered in the article. The method of modeling of circulation of the lubricating fluid inside the gear unit using a particle method is presented.

The method for calculating the oil circulation is realized within a software package. In it methods of preparation of a grid of internal surfaces of assemblies and algorithm for calculating of circulation are realized. Possibility of scaling of this approach when using algorithms of parallel calculations is investigated.

Key Words and Phrases: Multiphysical modeling, lubricating fluid, particle method, grid models, parallel computing

<p>Об авторах:</p> 	<p>Горобцов Александр Сергеевич Заведующий кафедрой «Высшая математика» ВолгГТУ, д.т.н., старший научный сотрудник. Область деятельности: Разработка методов формирования и численного интегрирования уравнений систем тел, позволяющих решать задачи для систем произвольной структуры, выделять и преобразовывать избыточные связи. Задачи синтеза управляемого движения многомерных систем. <i>e-mail:</i> vm@vstu.ru</p>
	<p>Насонов Андрей Алексеевич Аспирант кафедры «Высшая математика» ВолгГТУ, младший научный сотрудник. Область деятельности: Математическое моделирование, системы подрессоривания. Архитектуры параллельной обработки. Векторизация алгоритмов линейной алгебры. <i>e-mail:</i> nasonov.vstu@mail.ru</p>

	<p>Новокщёнов Артем Алексеевич Аспирант кафедры «Высшая математика» ВолгГТУ, младший научный сотрудник. Область деятельности: Математическое моделирование, системы подрессоривания. Архитектуры параллельной обработки. Векторизация алгоритмов линейной алгебры. <i>e-mail: tom.novok@mail.ru</i></p>
	<p>Фирсова Виктория Олеговна Аспирант кафедры «Высшая математика» ВолгГТУ, младший научный сотрудник. Область деятельности: Математическое моделирование, моделирование динамики технических систем, системы подрессоривания, алгоритмы управления системами подрессоривания. <i>e-mail: sweetviki@mail.ru</i></p>
	<p>Андреев Андрей Евгеньевич И.о. заведующего кафедрой «Электронно-вычислительные машины и системы» ВолгГТУ, к.т.н. Область деятельности: Высокопроизводительные вычислительные системы и комплексы, неоднородные реконфигурируемые вычислительные системы. Аппаратурно-ориентированные алгоритмы. Параллельное программирование и оптимизация программного обеспечения. <i>e-mail: andan2005@yandex.ru</i></p>

Образец ссылки на публикацию:

А.С. Горобцов, А.А. Насонов, А.А. Новокщёнов, В.О. Фирсова, А.Е. Андреев. Параллельные алгоритмы расчета циркуляции смазывающей жидкости в зубчатых редукторах // Программные системы: теория и приложения: электрон. научн. журн. 2015. Т. ?, № ?(??), с. ??-??.

URL: <http://psta.psir.ru/read/???>