

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУИРОВАННОГО СРЕДНЕГО УХА

*С.А. Ермоченко*

*Учреждение образования*

*«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»*

*e-mail: [yermochenko@tut.by](mailto:yermochenko@tut.by)*

Математическое моделирование различных систем, процессов или явлений представляет собой достаточно сложную и комплексную задачу. Например, моделирование реконструированного среднего уха (PCY), применяемое для расчёта напряжённо-деформированного состояния (НДС), используется для анализа возможных негативных последствий хирургической операции по восстановлению цепи косточек, утративших подвижность вследствие некоторых заболеваний. С точки зрения механики деформированного твёрдого тела и кинематики твёрдых тел это сложная математическая задача, решаемая с применением теории упругости и асимптотических методов решения дифференциальных уравнений. С точки зрения медицины сложность задачи заключается в большом количестве входных параметров построенной математической модели (51 параметр) и достаточно большом количестве выходных параметров (18 параметров) [1]. При этом специалистов в области оториноларингологии могут интересовать зависимости между различными парами входных и выходных параметров при изменении каждого входного параметра на некотором интервале [2].

Последняя задача предполагает многократный расчёт построенной модели для различных наборов значений входных параметров. В рамках работы [3] подобные расчёты проводились с применением пакета прикладных программ Maple. Такие расчёты могли быть произведены только на одном персональном компьютере, что приводило к длительным расчётам. Но даже расчёты в течение 2-3 недель не всегда позволяли произвести вычисления в требуемом объёме. Кроме того, использование математического пакета Maple требует определённой подготовки, что усложняет работу с построенной моделью специалисту-медику.

Для решения описанной проблемы в рамках данного исследования предлагается построить распределённую вычислительную систему. Так как для численного расчёта математической модели необходимо выполнять одни и те же действия над разными наборами входных данных, но при этом выполнение расчётов для одного такого набора данных требуется достаточно небольшое время даже на маломощном персональном компьютере, то для построения распределённой вычислительной системы удобно использовать технологию ГРИД-вычислений.

ГРИД-вычисления – это разновидность распределённых кластерных вычислений, которые используют параллелизм данных. Для создания такой вычислительной системы было принято решение разработать собственное программное обеспечение, ориентированное на расчёт произвольной модели.

Вычислительная система состоит из кластеров двух типов: вычислительных и управляющих. И один, и второй тип кластеров получают на вход по компьютерной сети несколько наборов входных данных. При этом для экономии трафика передаются не значения каждого из изменяемых параметров, а начальное, конечное значение и шаг изменения каждого такого параметра. Такой подход позволяет даже для высокопроизводительных кластеров, связанных сетью с невысокой пропускной способностью, не допускать простаивания вычислительных ресурсов из-за ожидания передачи данных. Управляющие и вычислительные кластеры различаются тем, что управляющие кластеры разбивают блок входных данных на более мелкие блоки входных данных, передают их для обработки кластерам, зарегистрированным как дочерние. При этом использование единого протокола передачи входных данных позволяет организовать иерархическую сеть управляющих и вычислительных кластеров.

Для удобства ввода данных в вычислительную систему и визуализации результатов расчётов, было разработано простое web-приложение с простым пользовательским интерфейсом. Для сбора данных используется централизованный сервер реляционных баз данных. Каждый вычислительный узел сохраняет данные на этом сервере, а web-приложение визуализирует их.

Описанный подход позволяет не только эффективно решить поставленную практическую задачу, гибко масштабируя распределённую вычислительную систему на разное количество кластеров. Он также позволяет легко модернизировать систему для расчёта математических моделей других систем, процессов или явления, разработав программную реализацию модели для вычислительного узла и соответствующую структуру базы данных для сохранения результатов.

Кроме того, методика построения распределённой вычислительной системы может демонстрироваться студентам специальностей, связанных с информационными технологиями, выполняя также учебно-методическую роль.

В перспективе возможна также разработка собственного языка для описания математической модели для вычислительного узла, что фактически, позволит реализовать простейшую облачную версию универсального математического пакета.

### *Литература*

1. Mikhasev, G. On the strain-stress state of the reconstructed middle ear after inserting a malleus-incus prosthesis / G. Mikhasev, S. Ermochenko, M. Bornitz // *Mathematical Medicine and Biology*. – 2010. – Vol. 27(4). – P. 289-312.

2. Ермоченко, С.А. Расчет напряженно-деформированного состояния среднего уха при его тотальной реконструкции с учетом влияния остатков тимпанической мембраны / С.А. Ермоченко, Г.И. Михасев, Л.Г. Петрова // *Российский журнал биомеханики*. – 2008. – том 12, №3(41). – С. 24-36.

3. Ермоченко, С.А. Напряженно-деформированное состояние реконструированного среднего уха: диссертация ... кандидата физико-математических наук: 01.02.04 / С.А. Ермоченко. – Минск, 2011. – 94 л.