

*Нижельский М.Д., Висящев В.А., Магомедов С.А. Программный комплекс расчетов коэффициента интенсивности напряжений в задачах механики // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2019. – №5 (май). – АРТ 439-эл. – 0,2 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>*

**РУБРИКА: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**УДК 004.93.11**

**Нижельский Михаил Дмитриевич**  
студент 2 курса магистратуры, факультет ИиВТ  
e-mail: [gimbarrostov@mail.ru](mailto:gimbarrostov@mail.ru)

**Висящев Владимир Александрович**  
студент 2 курса магистратуры, факультет ИиВТ  
e-mail: [nokiawlad17@yandex.ru](mailto:nokiawlad17@yandex.ru)

**Магомедов Сардар Александрович**  
студент 2 курса магистратуры, факультет ИиВТ  
e-mail: [burned2112@gmail.com](mailto:burned2112@gmail.com)

*Научный руководитель:* Рашидова Е.В., к.ф.-м.н., профессор  
ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет»  
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС РАСЧЕТОВ КОЭФФИЦИЕНТА  
ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗАДАЧАХ МЕХАНИКИ**

*Аннотация:* Когда мы решаем задачи, нацеленные на обработку большого массива информации, можем столкнуться с проблемой выполнения задачи в установленной время. Чтобы избежать таких ситуаций, можно распределить задачу на подзадачи и разделить их выполнение между вычислительными узлами. Поэтому актуальным является разработка методов повышения быстродействия вычислительных систем и эффективности их использования при решении ресурсоемких задач. В данной статье рассматривается система для проведения распределенных

вычислений и её применение для решения задач в области механики упругого деформируемого тела. Проведено исследование концентрации напряжений в окрестности вершин внутренней трещины, находящейся на биссектрисе бесконечного упругого клина. К берегам трещины приложены нормальные усилия. Грани клина подкреплены тонким гибким покрытием, с внешней стороны свободным от напряжений. Влияние покрытия на напряженно-деформируемое состояние клина моделируется специальным граничным условием, корректность которого подтверждена экспериментально.

*Ключевые слова:* распределенные вычисления, гетерогенные системы, трещина, бесконечный упругий клин, тонкое покрытие.

**Nizhelsky Mikhail Dmitrievich**

2nd year master student, Faculty of IT

E-mail: [gimbarrostov@mail.ru](mailto:gimbarrostov@mail.ru)

**Visishchev Vladimir Alexandrovich**

2nd year master student, Faculty of IT

e-mail: [nokiawlad17@yandex.ru](mailto:nokiawlad17@yandex.ru)

**Magomedov Sardar Alexandrovich**

2nd year master student, Faculty of IT

E-mail: [burned2112@gmail.com](mailto:burned2112@gmail.com)

*Scientific adviser:* Rashidova EV, Ph.D., Professor

FGBOU VPO "Don State Technical University"

Rostov-on-Don, Russian Federation

## SOFTWARE COMPLEX OF CALCULATIONS OF INTENSITY COEFFICIENT OF STRESSES IN THE PROBLEMS OF MECHANICS

*Abstract:* When we solve problems aimed at processing a large array of information, we can face the problem of performing a task at a set time. To avoid such situations, you can distribute the task to subtasks and divide their execution between computational nodes. Therefore, it is important to develop methods to increase the speed of computing systems and the effectiveness of their use in solving resource-intensive tasks. This article discusses the system for distributed computing and its application for solving problems in the field of mechanics of an elastic deformable body. The stress concentration in the vicinity of the vertices of an internal crack located on the bisector of the infinite elastic wedge was studied. Normal forces are applied to the cracks. The edges of the wedge are supported by a thin flexible coating that is stress free from the outside. The influence of the coating on the stress-strain state of the wedge is modeled by a special boundary condition, the correctness of which is confirmed experimentally.

*Keywords:* distributed computing, heterogeneous systems, crack, infinite elastic wedge, thin coating.

### 1. Введение

Последнее десятилетие привело к бурному росту многопроцессорных вычислений, включая многоядерные процессоры и созданию распределенных центров обработки данных. Глобальное распространение многоядерных процессоров, мощных графических процессоров и кластеров параллельных систем в совокупности с наступившем расцветом эпохи Big Data и интенсивным вычислением данных открыли огромный рост сфер применения и использования параллельных и распределенных вычислений.

Данные тенденции привели к тому, что параллельные и распределенные вычисления стали повсеместными в компьютерной науке, в результате чего они все чаще становятся основной частью в различных отраслях, где возникает необходимость в обработке больших массивов данных при соблюдении жестких временных ограничений.

Одной из причин выхода из строя деталей механизмов и оборудования является постоянный износ их поверхностного покрытия в ходе эксплуатации. Перспективным направлением создания износостойких и высоконадежных механизмов являются технологии нанесения тонких функциональных покрытий, повышающих специальные свойства механизмов и деталей машин. При этом тонкие покрытия, выполняющие специальные функции, меняют механические свойства изделий, что ставят задачи разработки и развития методов оценки напряженного состояния в конструкциях, усиленных тонкими покрытиями, на первоочередное место в современном технологическом производстве. Наряду с этим, учет таких факторов, как наличие скрытых внутренних дефектов, трещин, позволяет более точно проводить оценку работоспособности изделий и конструкций.

## **2. Описание работы системы распределенных вычислений**

При организации совместной работы компьютеров неизбежно возникает проблема разделения задачи на вычислительные блоки между центрами обработки. Традиционно она решается созданием управляющей программы. Управляющая программа закрепляет между компьютерами вычислительные блоки задачи, организывает их совместную работу, следит за работоспособностью компьютеров, обеспечивает сбор обработанных данных [1].

Рассматриваемая система может применять в качестве вычислительных узлов стандартные персональные компьютеры, без завышенных системных требований. Отпадает необходимость наличия дорогостоящего и трудного в обслуживании аппаратного обеспечения. Это, в целом, может снизить издержки на организацию работы подобной системы.

В созданной системе нет требований к быстродействию компьютеров, а также не существует ограничений на количество ПК. К необходимым условиям относится наличие физических связей между ПК для передачи данных. Пользователь системы может применять обычную компьютерную сеть, построенную по топологии, имеющей иерархическую структуру, использующей различные сетевые технологии (например, Ethernet). При такой конфигурации и сетевой технологии каждый ПК может обращаться к источнику входных данных по каналу связи независимо от других ПК, передавать данные и служебную информацию от одного компьютера к любому другому компьютеру.

Рассматриваемая модель системы имеет некоторый центральный узел. Задачей этого узла-модуля является хранение, обработка и контроль выполнения набора задач, которые генерируются в рамках процесса распределенных вычислений.

Центральный узел выполняет некоторые задачи: добавление новых задач, обработка и хранение задач, распределение задач между исполняющими модулями, отображение статистики и информации о ходе выполнения задач. Центральный модуль имеет пользовательский интерфейс, благодаря которому пользователь может в интерактивном режиме взаимодействовать и управлять им, добавлять, удалять, запускать и приостанавливать задачи. Также пользователь может как в ручном, так и в

автоматическом режиме произвести сбор данных полученных в результате решения задач. На рисунке 1 показана схема взаимодействия пользователя и модулей системы распределенных вычислений.



Рис. 1. Изображения и соответствующие им бинарные маски, полученные в результате аугментации данных

### **3. Применение системы распределенных вычислений для решения задач механики**

На сегодняшний момент, решены многие задачи о деформации упругого клина. Напряжения на боковых гранях клина равны нулю. Внутри клина находится прямолинейная трещина. Были получены приближенные решения [2-4], и точные решения в случае задачи, конечная трещина исходит из вершины клина [2 – 4], в случае однородной задачи, когда полубесконечная трещина начинается на некотором расстоянии от вершины клина; а также в случае, когда клин содержит внутреннюю конечную

трещину. В работе [5] получены асимптотические решения контактной задачи для трехмерного клина. В [6] численно решена двумерная задача Лапласа об упругой клиновидной области в условиях плоского напряженного состояния. Авторами данной работы не найдены исследования задач, рассматривающих клин, усиленный тонким гибким покрытием.

Целью разработки системы распределенных вычислений является ускорение процесса решения большого набора ресурсоемких задач конечноэлементного моделирования и рациональное использование доступных вычислительных ресурсов. В данной работе разработанная система распределенных вычислений применяется для нахождения коэффициентов интенсивности напряжений внутри клина, ослабленного продольной трещиной.

На рисунке 2 ниже продемонстрированы компоненты напряжений, полученные внутри клина.

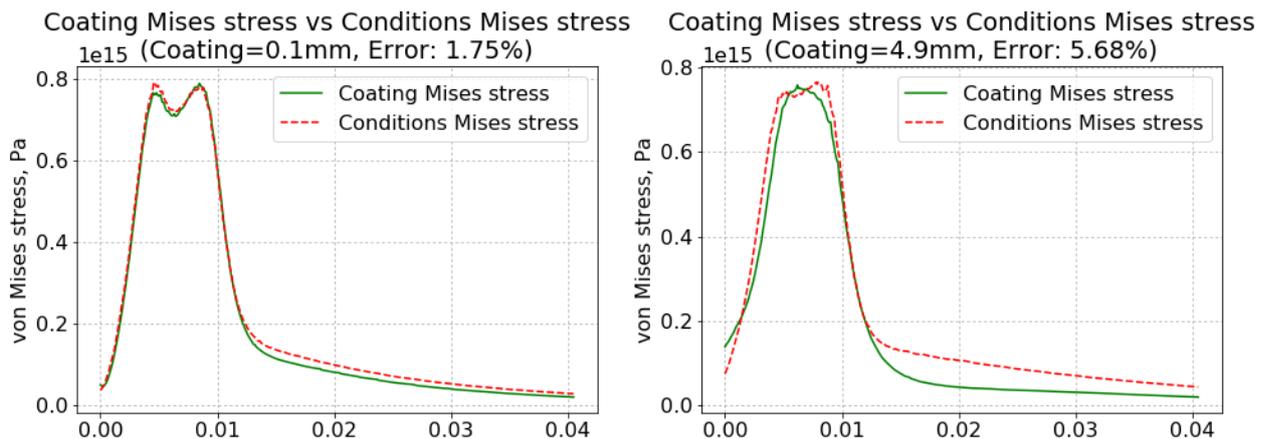


Рис. 2. Сравнение напряжений по Мизесу внутри клина в случае с применением реального покрытия и граничных условий при различной толщине покрытия.

В качестве материалов клина рассмотрены: конструкционная сталь (коэффициент Пуассона  $\nu = 0.33$ , модуль Юнга  $E = 200$  ГПа) и медь ( $\nu = 0.32$ ,  $E = 110$  ГПа).

В качестве материалов покрытия: вольфрам ( $\nu = 0.28$ ,  $E = 350$  ГПа), молибден ( $\nu = 0.31$ ,  $E = 320$  ГПа), хром ( $\nu = 0.21$ ,  $E = 300$  ГПа), никель ( $\nu = 0.33$ ,  $E = 210$  ГПа), цинк ( $\nu = 0.27$ ,  $E = 78$  ГПа), алюминий ( $\nu = 0.33$ ,  $E = 70$  ГПа).

Разработанная система распределенных вычислений позволила установить влияние модуля упругости материала покрытия на точность решения поставленной задачи, для случаев использования разных материалов клина. В случае клина из конструкционной стали, относительная ошибка работы граничного условия не превышает 3% при максимальном модуле Юнга равном 350 ГПа. Для случая клина из меди, относительная ошибка работы граничного условия составляет не более 5% при максимальном модуле Юнга равном 350 ГПа. При этом толщина покрытия в обоих случаях составляет 40% относительно размера трещины.

#### Список использованной литературы:

1. Tanenbaum, Ed. Raspredeleennye sistemy principy i paradigmy [Dis-tributed systems, principles and paradigms.] SPb.: Piter, 2003, 877 p. (in Russian).
2. Wigglesworth L.A. Stress distribution in a notched plate // Matematika. 1957. V. 4. No. 7. P. 76-96.
3. Irwin G.R. The crack-extension force for a crack at a free surface boundary // Report № 5120, Naval Research Lab. 1958.
4. Bowie O.L. Rectangular tensile sheet with symmetric edge cracks // Trans. ASME. Ser. E. J. Appl. Mech. 1964. V. 31. No. 2. P. 208-212.

5. Пожарский Д.А., Молчанов А.А. Асимптотические решения смешанных задач для упругой полосы и клина. Вестник ДГТУ, 2010, Т.10 №4(47), С.447-454.

6. Elliotis M.C., Charmpis D.C., Georgiou G.C. The singular function boundary integral method for an elastic plane stress wedge beam problem with a point boundary singularity. Applied Mathematics and Computation, 2014, V. 248, P.93-100.

*Дата поступления в редакцию: 21.05.2019 г.*

*Опубликовано: 26.05.2019 г.*

*© Академия педагогических идей «Новация». Серия «Студенческий научный вестник», электронный журнал, 2019*

*© Нижельский М.Д., Висящев В.А., Магомедов С.А., 2019*