

ный пользователь взаимодействует через браузер. Для создания хостинга изображений использовался фреймворк Angular, который удобен для передачи данных между отдельными компонентами приложения.

**И.И. Коляскин** (ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

Науч. рук. **Д.С. Кузьменков**, канд. физ.-мат. наук, доцент

## РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕМНОГО ТЕЛА ПРИ ДЕЙСТВУЮЩЕМ ДАВЛЕНИИ И ПРИ ЗАДАННЫХ ОБЛАСТЯХ КОНТАКТА

Рассмотрим объемное тело заданной формы, на верхнюю границу которого действует сосредоточенная сила  $P$ , направленная вдоль оси  $Ox_3$  (с заданной областью контакта). В качестве примера, одной из таких задач является задача моделирования работы системы тел «массивная шина – дорожное покрытие» [1, 2]. Определение напряжений и перемещений, возникающих в шине, имеет первостепенное значение для установления физико-технических характеристик шины, влияющих на её долговечность, износоустойчивость и др. Перемещения и напряжения, возникающие в объемном теле, определяются с помощью формул, выведенных Н.М. Беляевым:

$$u_i = -\frac{1}{4\pi\mu} \left( x_3 \frac{\partial V}{\partial x_i} - \frac{\mu}{\lambda + \mu} \int_{x_3}^{\infty} \frac{\partial V}{\partial x_i} dx_3 \right), \quad i = 1, 2, \quad (1)$$

$$u_3 = -\frac{P}{4\pi\mu} \left( x_3 \frac{\partial V}{\partial x_3}(x) + \frac{\lambda + 2\mu}{\lambda + \mu} V(x) \right), \quad (2)$$

$$\sigma_{11} = -\frac{x_3}{2\pi} \frac{\partial^2 V}{\partial x_1^2} + \frac{\lambda}{2\pi(\lambda + \mu)} \frac{\partial V}{\partial x_3} + \frac{\mu}{2\pi(\lambda + \mu)} \int_{x_3}^{\infty} \frac{\partial^2 V}{\partial x_1^2} dx_3,$$

$$\sigma_{22} = -\frac{x_3}{2\pi} \frac{\partial^2 V}{\partial x_2^2} + \frac{\lambda}{2\pi(\lambda + \mu)} \frac{\partial V}{\partial x_3} + \frac{\mu}{2\pi(\lambda + \mu)} \int_{x_3}^{\infty} \frac{\partial^2 V}{\partial x_2^2} dx_3, \quad (3)$$

$$\sigma_{33} = -\frac{x_3}{2\pi} \frac{\partial^2 V}{\partial x_3^2} + \frac{1}{2\pi} \frac{\partial V}{\partial x_3}, \quad \sigma_{12} = -\frac{x_3}{2\pi} \frac{\partial^2 V}{\partial x_1 \partial x_2} + \frac{\mu}{2\pi(\lambda + \mu)} \int_{x_3}^{\infty} \frac{\partial^2 V}{\partial x_1 \partial x_2} dx_3,$$

$$\sigma_{13} = -\frac{x_3}{2\pi} \frac{\partial^2 V}{\partial x_1 \partial x_3}, \quad \sigma_{23} = -\frac{x_3}{2\pi} \frac{\partial^2 V}{\partial x_2 \partial x_3}.$$

где  $\mu$ ,  $\lambda$  – модуль сдвига и постоянная Ламе,  $V(x) = \iint_{\omega} \frac{p(y)}{R(y,x)} dy$  – потенциал простого слоя,  $W(x) = \iint_{\omega} p(y) \ln(x_3 + R(y,x)) dy$  – логарифмический потенциал (от трех переменных),  $R(y,x) = ((x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + x_3^2)^{1/2}$  – расстояние от точки наблюдения  $M$  с координатами  $(x_1, x_2, x_3)$  до точки приложения сосредоточенной силы.

Следовательно, перемещения и напряжения в упругом полубесконечном теле могут быть найдены по формулам (1) – (3), после того, как будет известна функция  $V(x)$ .

Был разработан алгоритм и создана программа, реализующая определение напряжений и перемещений в объемном теле, заданной формы (см. рисунок 1). При решении исследуемой задачи был применен и запрограммирован метод конечных элементов. Использовались прямоугольные конечные элементы. Применяя метод конечных элементов, можно произвести разбиение тела на достаточно маленькие элементы (поэтому в программе память под массивы выделяется динамически).

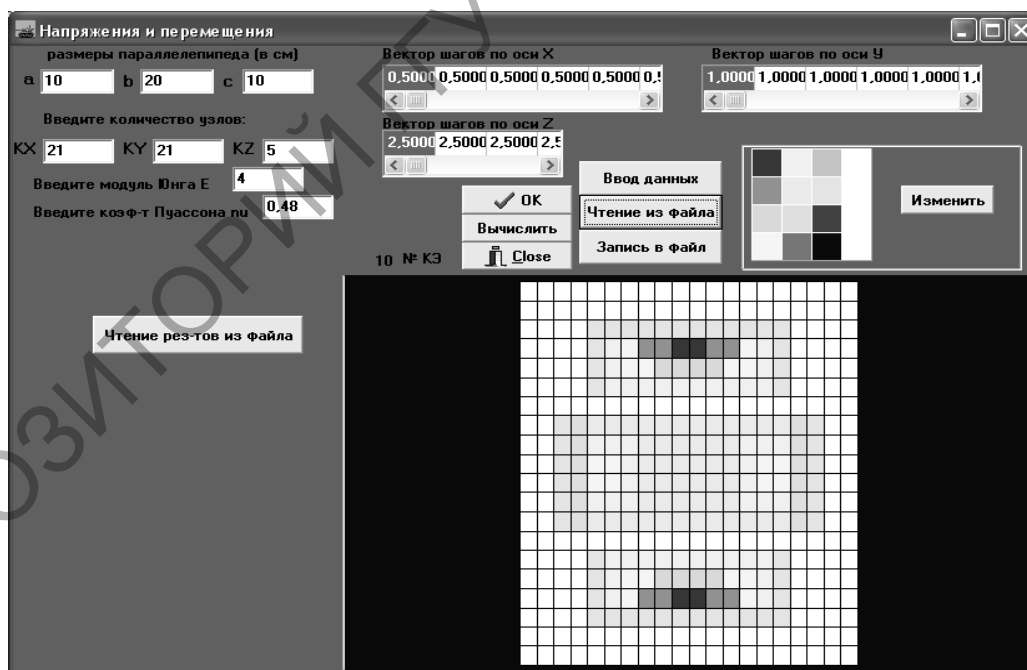


Рисунок 1 – Главное окно программного комплекса

Разработанное приложение позволяет определять напряжения и перемещений во всем теле (шине), изменять различные параметры

исследуемой задачи, строить объемные графики напряжений и перемещений, как на поверхности тела (шины) так и внутри ее.

### Литература

1. Можаровский, В.В. Анализ контактного взаимодействия автомобильной шины с колесным диском и дорожным покрытием / В.В. Можаровский [и др.] // Доклады Белорусского конгресса по механике: сборник научных трудов. – 2007. – С. 135-142.

2. Можаровский, В.В. Численная реализация методики по определению напряжений и перемещений в объемном теле применительно к техническим приложениям / В.В. Можаровский, Д.С. Кузьменков // Изв. Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. – 2014. – № 6 (87). – С. 161–165.

**А.И. Короткевич** (ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

Науч. рук. **А.С. Побяха**, ст. преподаватель

### **РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ «ПОМОЩНИК ВОДИТЕЛЯ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ И КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ**

Дополненная реальность (augmented reality, AR «дополненная реальность») — результат введения в поле восприятия любых сенсорных данных с целью дополнения сведений об окружении и улучшения восприятия информации. Дополненная реальность — воспринимаемая смешанная реальность, создаваемая с помощью компьютера с использованием «дополненных» элементов воспринимаемой реальности (когда реальные объекты монтируются в поле восприятия).

В 1994 году Пол Милгром и Фумио Кисино описали континуум «виртуальность-реальность» — пространство между реальностью и виртуальностью, между которыми расположены дополненная реальность и дополненная виртуальность (смотри рисунок 1). Дополненная реальность — результат добавления к воспринимаемым, как элементы реального мира, виртуальных объектов.

В связи с повсеместным увеличением количества автотранспорта и, как следствие, усложнением дорожной обстановки, было решено разработать приложение, которое смогло бы обеспечить водителю задачу безаварийного движения в рамках правил дорожного движения.