

Для инвариантов  $\gamma_k$  нетрудно получить рекуррентную формулу

$$\gamma_k = \gamma_{k-1} - \frac{1}{2} \frac{\gamma_{k-1}''}{\gamma_{k-1}} - \left( \frac{1}{2} \frac{\gamma_{k-1}'}{\gamma_{k-1}} \right)^2, \quad k = 1, 2, \dots, \gamma_0 = \gamma.$$

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Трикоми Ф. *Лекции по уравнениям в частных производных*. – М.: ИЛ, 1957. – 443 с.

**О. А. Сачкова**

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
sachkova.olga@mail.ru*

### **ПРОГРАММНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ УПРАВЛЯЕМОЙ ОСНАЩЕННОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ОБЫКНОВЕННЫХ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ**

В работе представлены программные процедуры оснащенной динамической визуализации автоматизированного решения систем обыкновенных линейных дифференциальных уравнений. Графическая визуализация излагаемого материала с помощью системы компьютерной математики Maple и, особенно, динамическая визуализация помогают качественному усвоению абстрактного материала, а также более глубокому пониманию изучаемых объектов и явлений. Под оснащенной динамической визуализацией мы понимаем динамическое цифровое, языковое или графическое сопровождение динамической модели. Кроме того, мы будем говорить об управляемых

динамических моделях, понимая под этим возможность манипуляции параметрами программных процедур, моделирующих явление. Линейные дифференциальные уравнения и их системы являются достаточно адекватной математической моделью процессов, либо слабо нарушающих состояние системы, в которой они протекают, либо протекающих в течение времени, малого по сравнению с характерным масштабом системы. Однако даже основы теории обыкновенных линейных дифференциальных уравнений плохо усваиваются студентами. Причинами этого, по-видимому, являются некоторая абстрактность материала и малая степень наглядности. Разработка методов оснащенной динамической визуализации решения дифференциальных уравнений поможет решить эту проблему. Методы оснащенной динамической визуализации объектов и явлений в СКМ Maple разрабатывается с 2004 года в школе профессора Ю.Г. Игнатъева (см., например, [1 - 4]).

В работе представлены программные процедуры в СКМ Maple автоматизированного нахождения общего решения обыкновенных линейных дифференциальных уравнений произвольного порядка с заданными пользователем именами произвольных констант, автоматизированного решения задачи Коши для этих уравнений, а также процедуры оснащенной динамической визуализации решения указанных уравнений. При этом рассмотрено несколько форм оснащенной динамической реализации: анимированные фазовые траектории, динамические гистограммы, анимация цветом. Приведены примеры различных форм оснащенной динамической визуализации решений дифференциальных уравнений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Проблемы информационных технологий в математичес-*

ком образовании: Учебное пособие под ред. Ю.Г. Игнатъева. – Казань: ТГГПУ, 2005. – 118 с.

2. Розакова Л. И. Методы математического и компьютерного моделирования в СКМ Maple графических и анимационных материалов для школьных курсов математики // Вестник ТГГПУ. – 2010. – № 3 (21). – С. 64–69.

3. Сачкова О. А. Программирование объектов векторной алгебры и стереометрии в системе компьютерной математики Maple // Вестник ТГГПУ. – 2010. – № 3 (21). – С. 75–79.

4. Самигулина А. Р. Математическое моделирование объектов линейной алгебры и аналитической геометрии в системе компьютерной математики Maple // Вестник ТГГПУ. – 2010. – № 3 (21). – С. 69–75.

5. Дьяконов В. П. Maple 9.5/10 в математике, физике и образовании. – М.: Солон-пресс, 2006. – 520 с.