

Russia. Data on sales in 2016-2017 are given. producers of new agricultural machinery to agricultural producers. It is noted that modern technologies, particularly precision farming, are increasingly used in plant growing, which increases the competitiveness of the industry.

УДК 631.31: 004.94

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА SCILAB

Шамсутдинова Т. М.,

кандидат физико-математических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»,
тел.: (347) 228-2666, эл. почта: tsham@rambler.ru

Ключевые слова: моделирование, механика, земледелие, агрофизика, дифференциальные уравнения, SCILAB.

Аннотация. В данной работе рассматриваются вопросы моделирования динамических процессов агрофизики и земледельческой механики, связанных с механической обработкой почвы. Рассматриваются случаи описания задач с использованием дифференциальных уравнений параболического и гиперболического типа; приводится пример компьютерной модели данных процессов в пакете прикладных математических программ SCILAB.

Введение. Как известно, почва является очень сложной полифункциональной дисперсной открытой системой, выступающей одним из наиболее сложных объектов для моделирования [1].

При этом необходимо учитывать, что «реальные почвы представляют собой дисперсную систему из бесконечного числа твердых почвенных частиц и почвенных агрегатов, связанных между собой межагрегатными связями различ-

ной природы: химической, электрической, физической... Кроме того, необходимо учитывать наличие в пахотном слое почвы множества микро- и макротрещин, пустот, инородных включений и т. п.» [2].

Все это приводит к тому, что фактически до сих пор не существует общепризнанных моделей разрушения (деформации) почвы при ее обработке [3]. Ввиду этого можно сделать вывод, что задача исследования динамических почвенных процессов является востребованной и актуальной, не имеющей однозначного, удовлетворяющего всем требованиям и критериям решения. И даже частичное решение данной проблемы возможно только с применением современных компьютерных технологий и компьютерного моделирования.

Материалы и методы исследования. Проведенное исследование включало в себя постановку проблемы математического моделирования динамических процессов при механической обработке почвы, а также пример компьютерного моделирования с использованием пакета прикладных программ SCILAB. Данный пакет относится к классу прикладных математических программ и предоставляет открытый исходный код для инженерно-технических и научных расчётов.

Для численного решения возникающих в ходе математического моделирования дифференциальных уравнений был использован сеточный метод с построением соответствующей разностной схемы.

Полученные результаты и их обсуждение. В качестве примера приведем результаты компьютерного моделирования задач, представляемых в виде дифференциальных уравнений параболического и гиперболического типа.

Дифференциальные уравнения параболического типа характерны для многих процессов, связанных с динамикой почвы, например, диффузии, теплопроводности и др. Примером параболических уравнений являются элементы системы уравнений Навье-Стокса, описывающие движение жидкости и газов в сложных средах [4].

Как известно [5], уравнение параболического типа в общем случае имеет вид

$$Lu + a \frac{\partial u}{\partial t} = f(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, t) \quad (1)$$

где L - эллиптический оператор, являющийся дифференциальным оператором второго порядка в частных производных при $a \neq 0$.

В общем случае эллиптический оператор L определяется как

$$L(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}(x) \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j} + \sum_{k=1}^n b_k(x) \frac{\partial}{\partial x_k} + c \quad (2)$$

при условии, что его квадратичная форма имеет один и тот же знак для всех x .

Для численного решения подобных уравнений используют различные методы, включая разнообразные разностные схемы (методы конечных разностей), метод конечных элементов и др., а также их специальные комбинации.

Для построения компьютерной модели, соответствующей уравнению параболического типа, был использован пакет прикладных программ SCILAB.

В частности, была построена разностная схема с разбиением сеткой на заданное количество узлов.

При этом были реализованы следующие процедуры:

- ввод исходных данных;
- определение расчетного шага сетки по пространственным координатам;
- определение расчетного шага сетки по времени;
- расчет прогоночных коэффициентов в каждом узле разностной сетки;
- расчет функций на границах области;
- графическое отображение полученных результатов.

Результаты моделирования представлены на рисунке 1. Данная модель построена для параболического уравнения частного вида:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + f(x, t) \quad (3)$$

при граничных условиях: $u(0, t) = \mu(t)$, $u(L, t) = \eta(t)$, $u(x, 0) = \varphi(x)$; $0 \leq x \leq L$, $0 \leq t \leq T$. При этом были использованы следующие исходные данные: $f(x, t) = \sin(x * t)$; $a = 0.5$;

$L=5$; $T=2$; начальное условие $\varphi(x) = \exp(-0.2*x)$; условие на левой границе $\mu(t)=0$; условие на правой границе $\eta(t)=0.5$.

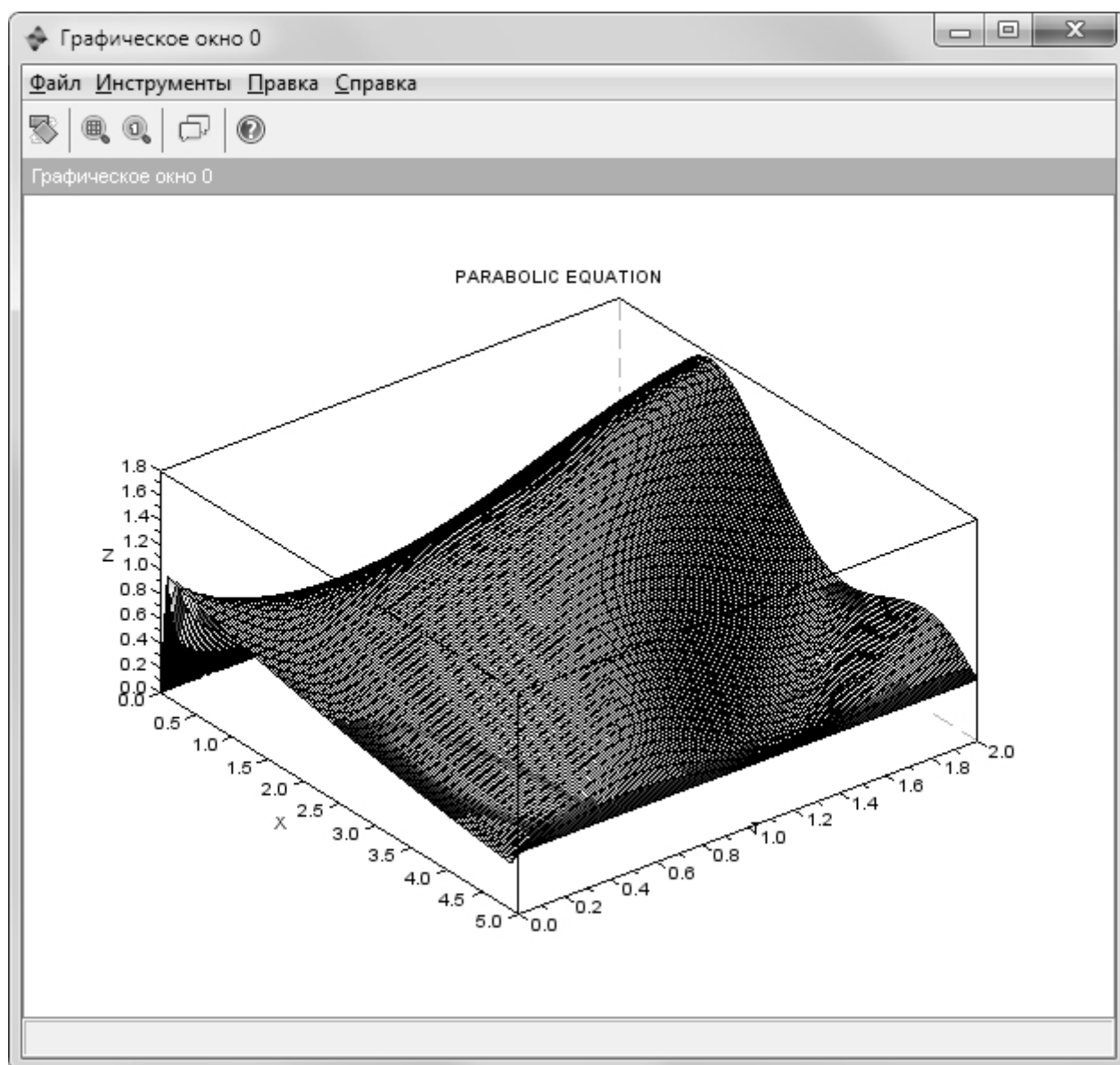


Рисунок 1 – Результаты построения компьютерной модели для уравнения параболического типа

Также был рассмотрен случай дифференциальных уравнений гиперболического типа. Подобные уравнения возникают, например, в разнообразных задачах динамики, связанных с электромагнитными полями, а также для уравнений колебаний (волновых уравнений).

В общем случае уравнение гиперболического типа представляется как

$$Lu - a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = f(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, t) \quad (4)$$

где L - положительно определённый эллиптический оператор, $a \neq 0$.

При моделировании в пакете SCILAB была использована явная разностная схема; результаты моделирования показаны на рисунке 2. Исходные данные модели: $y(x, t) = t * x * \sin(x * t)$; начальные условия $fi(x) = \exp(-0.01 * x)$ и $psi(x) = \exp(-0.05 * x)$; $a = 0.4$; $L = 5$; $T = 3$.

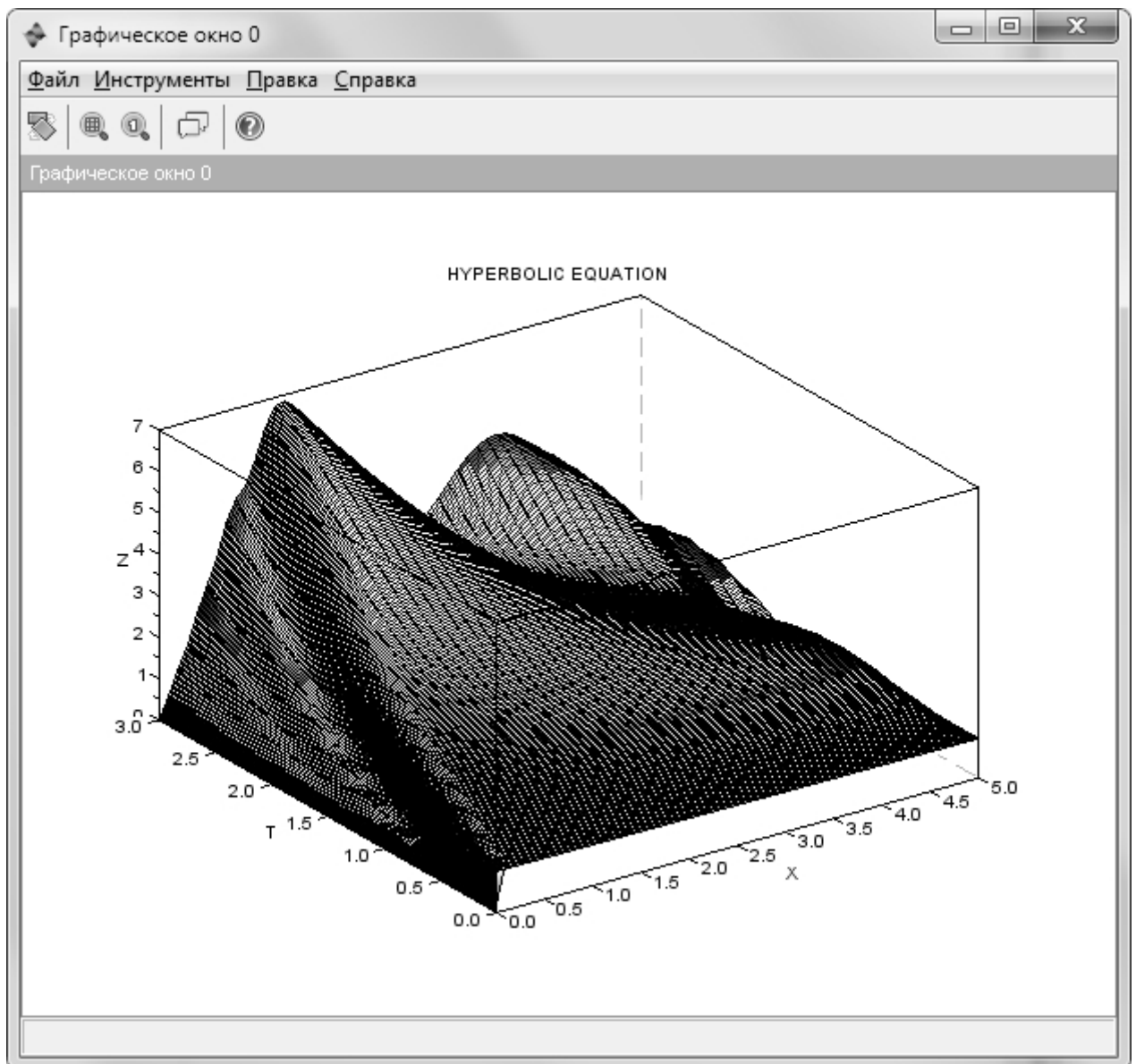


Рисунок 2 – Модель для уравнения гиперболического типа

Выводы. Моделирование почвенных процессов – это одна из сложнейших проблем современной земледельческой механики. Многофазность и неоднородность почв делает данную проблему весьма сложной и зависящей от большого числа разнообразных факторов. Технологии компьютерного моделирования и, в том числе, пакет прикладных программ SCILAB, позволяют выявлять зависимости и закономерности в сложных средах и могут выступать в качестве эффективных средств исследования прикладных задач агрофизики.

Библиографический список

1) Чертов О.Г. Модели динамики органического вещества почв: проблемы и перспективы / О.Г. Чертов, М.А. Надпорожская // Компьютерные исследования и моделирование. 2016. Т. 8. № 2. С. 391-399.

2) Панов И.М. Современное состояние и перспективы развития земледельческой механики в свете трудов В.П. Горячкина / И.М. Панов, В.И. Ветохин // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2008. № 2. С. 9-14.

3) Бледных В.В. Разрушение почвы двугранным клином / В.В. Бледных // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2013. № 2 (26). С. 68-70.

4) Шамсутдинова Т.М. Проблемы моделирования динамических процессов при механической обработке почвы // Российский электронный научный журнал. 2018. № 1 (27). С. 145-153.

5) Миранда К. Уравнения с частными производными эллиптического типа / К. Миранда. М.: Издательство иностранной литературы, 1957. 256 с.

**About the modeling of dynamic processes of agricultural mechanics using
the scilab program**

Shamsutdinova T. M.

Keywords: modeling, mechanics, agriculture, agrophysics, differential equations, SCILAB.

Abstract. This article is about the modeling of dynamic processes of agrophysics and agricultural mechanics. These problems are related to the mechanical treatment of the soil. Cases of problems using differential equations of parabolic and hyperbolic type are considered. An example of a computer model of process data in a package of applied mathematical programs SCILAB is given.

УДК 631.331.5

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО КАТКА

Шаронов И. А.,

кандидат технических наук, доцент
тел. 8(8422)55-95-95, ivanshar2009@yandex.ru

Курдюмов В. И.,

доктор технических наук, профессор
тел. 8(8422) 55-95-95, vik@ugsha.ru

Прошкин Е. Н.,

кандидат технических наук, доцент
тел. 8 (902) 005-23-21, demon7319931@mail.ru

Прошкин В. Е.,

инженер, тел. 8(8422)55-95-95, demon7319931@mail.ru

Роон В. В.,

магистрант

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ключевые слова: цилиндро-спиральный каток, спиральный рабочий орган, плотность почвы, коэффициент соответствия эталону.