

Программа для наполнения и редактирования БД разработана в среде программирования Borland C++ Builder. Разработка осуществлялась совместно с институтом тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАНБ.

В качестве источников для наполнения БД использовались существующие стандарты, а также справочная литература [6].

Препроцессор и постпроцессор разработаны в среде программирования Borland Delphi и представляет собой единое программное средство. Borland Delphi была выбрана по причине удобства создания графических интерфейсных приложений и взаимодействия с InterBase. Процессор разработан в среде программирования Microsoft Visual C++ и представляет в свою очередь помимо вычислительного ядра набор различных вспомогательных функциональных модулей. Microsoft Visual C++ была выбрана по причине оптимальности компилятора с точки зрения скорости выполнения кода.

В настоящее время осуществляется отладка программных средств и экспериментальная верификация разработанных моделей. Внедрение разработки планируется на Минском автомобильном заводе в 1 квартале 2003 г. Данная работа проводится по заданию ГНТП "Приборы, средства измерений и техническая диагностика".

**Литература.** 1. Гурченко П. С. Упрочнение при индукционном нагреве и управляемом охлаждении. – Г.: ИММФ НАНБ, 1999. – 236 с., ил. 2. Компьютерное моделирование технологических систем: Учеб. пособие / С. П. Кундас, Т. А. Кашко. В 2 ч. Ч. 1. – Мн.: БГУИР, 2002. – 168 с.: ил. 3. Кундас С. П., Юршевич Ю. Ф., Лемзиков А. В., Тонконогов Б. А. Компьютерное моделирование и диагностика процессов закалки / Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения: Сб. науч. трудов. // Под ред. Астапчика С. А., Витязя П. А. – Минск, Технопринт, ПГУ, 2001. – с. 511 - 515. 4. Кундас С. П., Юршевич Ю. Ф., Тонконогов Б. А. Комплексная модель процессов термообработки // Известия Белорусской инженерной академии, 2001. №1(11)/3. С.184–186. 5. Кундас С. П., Юршевич Ю. Ф., Буйкевич Г. Л., Тонконогов Б. А. Моделирование процессов термообработки с учетом релаксации напряжений // Известия Белорусской инженерной академии, 2001. №1(11)/2.

УДК 519:527:669.27

**О.И. Чичко, С.Г. Лихоузов**

## **О КОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕЧЕНИЯ РАСПЛАВА В ТРЕХМЕРНЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМАХ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Современные компьютерные методы моделирования находят все более широкое применение в промышленных технологиях литейного производства. В частности, одной из наиболее сложных проблем является моделирование течения расплава в песчано-глинистых формах. Эта проблема связана со сложной пространственной конфигурацией литниковых систем, которая определяет скоростные и температурные потоки металла. В БНТУ разрабатывается компьютерная система «ПроЛит», позволяющая моделировать процессы течения расплавов в сложных пространственных структурах. [1, 2]

Математическое ядро системы «ПроЛит» основано на клеточно-автоматных принципах моделирования, включающих дифференциальные уравнения Навье-Стокса, Фурье-Киргофа, уравнение неразрывности, уравнение состояния. В настоящее время

проводится тестирование и апробация математических моделей, заложенных в компьютерной системе. С этой целью в рамках госбюджетных и хоздоговорных работ проводится моделирование отливок, используемых на белорусских предприятиях. В дополнение к этому проводятся расчеты для модельных отливок с целью выработки методик для оптимизации технологического процесса [3, 4]. Компьютерная система «ПроЛит» имеет импорт геометрии позволяющий вводить изображение отливки и литниковой системы в формате STL. Для примера на рис.1 представлен объемный внешний вид литниковой системы и детали «головка блока цилиндров» производимой на Минском тракторном заводе. Трехмерное изображение объекта (форма, стержень, отливка, холодильники и т.д.) с помощью встроенного генератора сетки разбивается на элементы. Каждому элементу присваиваются теплофизические характеристики (теплоемкость, теплопроводность, плотность, вязкость и т.д.). В процессе моделирования можно вычислять полную эволюцию этих теплофизических характеристик в любой точке детали и литниковой системы. Режимы работы компьютерной системы позволяет переходить в любую плоскость детали и литниковой системы и в любое положение их объемного изображения и просматривать движение расплава (рис.2). Также возможно осуществление визуализации полей теплофизических характеристик в любой плоскости отливки и в любой момент времени (рис.3).

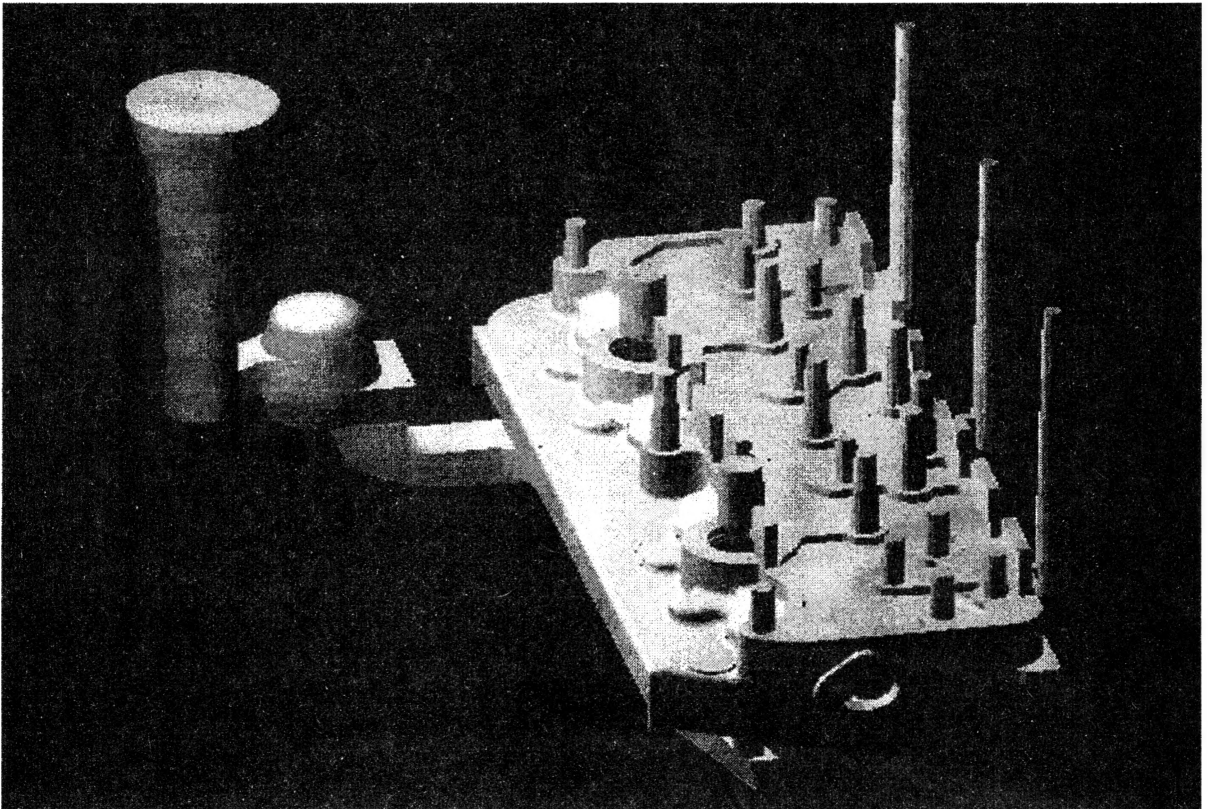


Рис.1. Объемный внешний вид литниковой системы и детали «головка блока цилиндров», полученных в компьютерной системе «ПроЛит»

Для обработки результатов моделирования используются расчеты распределения количества элементов движущегося потока по величине скорости и ее составляющих (по направлениям геометрических осей) расплава, что дает возможность оценить вероятность размыва форм для различных участков. Кроме этого возможно введение дополнительных производных критериев, например, относительной кинетической энергии, связанных с количественным распределением элементов расплава по теплофизическим характеристикам.

Развиваемая в настоящее время компьютерная система «ПроЛит» открывает новые возможности для инженеров-технологов, занимающихся разработкой литейных

технологических процессов. Математическое ядро системы постоянно обновляется с целью расширения её возможностей. С помощью компьютерной системы «ПроЛит» можно исследовать технологический процесс на этапе проектирования (это позволит значительно сэкономить время и деньги на доводку технологической оснастки и «увидеть» дефекты на стадии проектирования), можно промоделировать варианты принципиально новых технологических решений, а также «увидеть» проблемы используемого технологического процесса (визуализация заполнения формы).

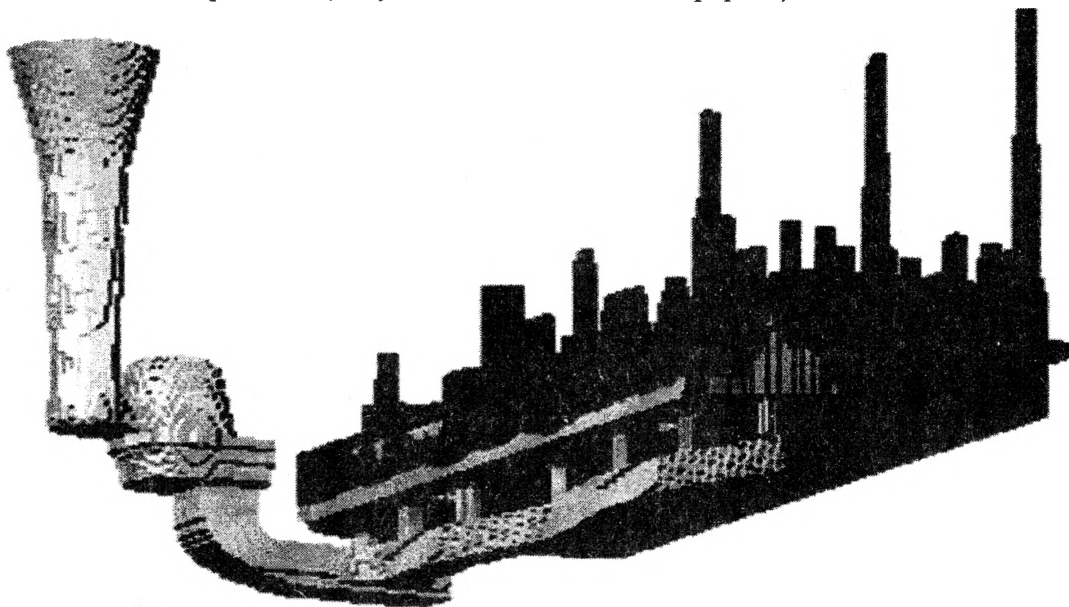


Рис.2. Трехмерное изображение литниковой системы и детали «головка блока цилиндров» во время заполнения расплавом (светло-серый цвет)

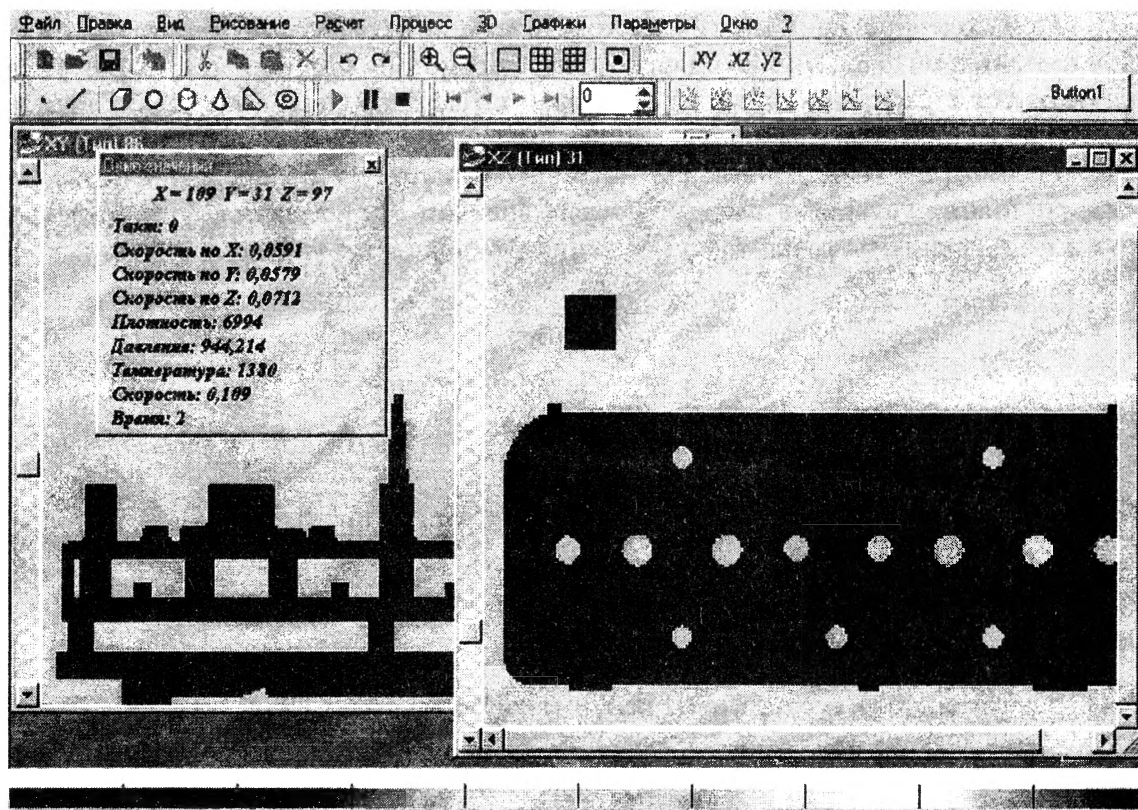


Рис.3. Интерфейс компьютерной системы «ПроЛит» с результатами моделирования течения расплава в литниковой системе и в детали «головка блока цилиндров»

(в окне значений указаны теплофизические характеристики в момент времени  $\tau = 2$  с в точке с координатами  $x = 109, y = 31, z = 97$ )

**Литература.** 1. Чичко А.Н., Соболев В.Ф., Лихоузов С.Г. Компьютерная система «ПроЛит» - инструмент для повышения качества. // ТЭО. – 2001. - № 6. - С.30-31. 2. Чичко А.Н., Лихоузов С.Г. Компьютерная система моделирования процесса заполнения смежных пространственных форм. // Моделирование и информационные технологии проектирования. Институт технической кибернетики, Минск. - 2000, - С.91-99. 3. Чичко О.И., Соболев В.Ф. О новых методах анализа скоростных потоков расплавов для систем автоматизированного моделирования литейных процессов. // Литье и металлургия. – 2002. - №2. - С.42-46. 4. Чичко О.И., Махнач В.И. Математическое моделирование и системный анализ скоростных потоков расплава, заполняющего трехмерные формы // Моделирование и информационные технологии проектирования: Сб.науч.тр. – Минск: ИТК. - 2002. –С. 88-95

УДК 519:527:669.27

Н.П. Воронова, Д.И. Астахов

## ОБ УПРАВЛЕНИИ НЕКОТОРЫМИ СИСТЕМАМИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

При моделировании многих технологических процессов, исследовании их функционирования, оптимизации входящих в них параметров применяется теория управления объектов с распределенными параметрами. Часто процессы, протекающие внутри таких систем, описываются дифференциальными уравнениями в частных производных.

Рассмотрим пространственно двумерную систему с распределенными параметрами, состояние которой в каждый момент времени  $t$  описывается функцией  $U(x, y, t)$ , где  $x$  и  $y$  – координаты точки. Пусть функция и подчиняется уравнению

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \quad (1)$$

в области  $D: 0 \leq x \leq x_0, 0 \leq y \leq y_0$ . Зададим начальные условия

$$U(x, y, 0) = U_0(x, y), \quad \partial U(x, y, 0) = U_1(x, y), \quad (x, y) \in D \quad (2)$$

и граничные условия

$$\begin{aligned} U(x, 0, t) &= U(x, t) \\ U(x, y_0, t) &= 0 \\ U(0, y, t) &= 0 \\ U(x_0, y, t) &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Задача состоит в том, чтобы найти такое управление  $U(x, t)$ ,  $0 \leq x \leq x_0, 0 \leq t \leq T$ , при котором в момент времени  $t=T$  система приходит в положения покоя

$$\begin{aligned} U(x, y, T) &= 0 \\ \frac{\partial U}{\partial t}(x, y, T) &= 0, (x, y) \in D \end{aligned} \quad (4)$$