

Таблица 3

Значения величины  $E$ , найденные по формуле (1), в единицах  $q_0 D$  для дня зимнего солнцестояния ( $\delta = -23,5^\circ$ ) на географической широте Витебска ( $\varphi = 55^\circ$ ) для случая, когда  $A = 0$ .

$\gamma$	$t = 0$	$t = 15^\circ$	$t = 30^\circ$	$t = 45^\circ$
0	0,04	0,03	0,02	0,00
30°	0,13	0,12	0,07	0,02
45°	0,17	0,15	0,09	0,03
60°	0,19	0,17	0,11	0,03

## Список использованных источников

1. Основы энергосбережения: Цикл лекций / Под ред. Н.Г. Хутской. Минск: Техналогия. 1999. 100 с.
2. Даффи Дж.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. Москва. «Мир». 1977. 420 с.
3. Куликов К.А. Курс сферической астрономии. Москва: Наука. 1974. 232 с.

## Аннотация

Приводятся астрономические соотношения для расчёта освещённости Солнцем плоского солнечного коллектора в зависимости от его ориентации в пространстве. Рассчитаны освещённости для плоского солнечного коллектора, расположенного на широте Витебска в зависимости от часового угла Солнца и угла наклона плоскости коллектора к горизонту.

## Summary

In this work represent astronomical equation for calculation of luminous intensity of flat-plate solar-heat collector depending on its space orientation. Calculated the luminous characteristics of flat-plate solar-heat collector which is situated at latitude of Vitebsk depending on hour angle of the Sun and the inclination of the plate of collector to the horizon.

УДК 669.27:519

**РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В  
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ НА ОСНОВЕ  
КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ  
«ПРОТЕРМ»**

**А.Н. Чичко, Ю.В. Яцкевич, В.Ф. Соболев,  
О.И. Чичко, В.Ф. Одиночко**  
Белорусский национальный технический  
университет

Развитие компьютерных технологий открывает новые возможности в управлении процессами энергосбережения при термической обработке деталей. Структурные и фазовые превращения материала вместе со сложной пространственной конфигурацией детали под воздействием температуры являются причиной неоднородного распределения свойств в сечении детали (структура, твердость), что приводит к снижению ее надежности и долговечности, а часто и к браку. Все это приводит к далеко не опти-

мальным режимам процессов нагрева и, следовательно, к повышенному расходу электрической энергии промышленных печей.

В Белорусской государственной политехнической академии разрабатывается первый белорусский пакет (компьютерная система «ПроТерм») по моделированию разнообразных процессов нагрева и охлаждения деталей из материалов, используемых в промышленности [1-3]. Моделирование термической обработки детали позволяет проследить динамику изменения температуры, фазовых превращений, напряжений и деформаций в любой момент времени в любом сечении детали в процессе её нагрева и охлаждения в закалочной среде. В основе пакета - математическое ядро, построенное на уравнении теплопроводности, уравнении равновесия, уравнениях связи деформаций и напряжений, клеточно-автоматных правилах и других уравнениях, используемых в теории температурных напряжений.

Работу с пакетом предполагается проводить в несколько этапов: 1) построение графического (трехмерного) изображения детали, которая подвергается термической обработке; 2) импортирование электронной копии детали формата .stl в систему «ПроТерм»; 3) разбиение детали и печной среды, в которой она находится, на элементы. Методы пакета позволяют учесть конфигурацию и пространственное расположение нагревателей печи через соответствующее графическое изображение; 4) задание материалов детали, (сталь, ...), закалочных сред (масло...), материалы нагревателей, а также их теплофизических свойств (теплопроводность, теплоемкость, плотность); 5) задание начальных и граничных условий нагрева (охлаждения) детали и сред; 6) моделирование (расчет) во всех плоскостях детали и ее объеме полей: напряжений ( $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \sigma$ ); деформаций ( $\varepsilon_v, \varepsilon_n, \varepsilon_\pi, \varepsilon; \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}, \tau_{yx}, \tau_{zy}, \tau_{xz}$ ); температур; структуры (аустенит, перлит, мартенсит...); 7) анализ термонапряженного, структурного состояния детали в любой пространственной точке на основе критических напряжений и деформаций. Определение напряженного состояния (растягивающие деформации, сжимающие деформации) детали и выработка рекомендаций по оптимизации режимов термообработки с целью получения однородного распределения структуры, свойств и минимальных напряжений при снижении энергозатрат.

Компьютерная система «ПроТерм» была использована для моделирования термических напряжений, возникающих в деталях «Пуансон», «Маска» и других, которые используются в технологической цепочке одного из Белорусских предприятий (рис.1). Были получены трехмерные изображения полей напряжений (растягивающих и сжимающих), деформаций и температур для перечисленных деталей (Рис.2). Анализ мест с высокими значениями напряжений и их сопоставление с промышленными данными показало адекватность моделей, использованных в пакете. Использование компьютерной системы «ПроТерм» направлено на импортозамещение продуктов по моделированию технологических процессов, позволяющих: а) визуализировать проблемы используемого технологического процесса; б) выявить проблемы разрабатываемого технологического процесса на этапе проектирования; в) выявить проблемы и варианты принципиально новых технологических решений, которые находятся на стадии обсуждения.

Разработка системы «ПроТерм» открывает новые возможности для выбора режимов термической обработки деталей сложной конфигурации, что позволяет оптимизировать технологический процесс получения изделий.

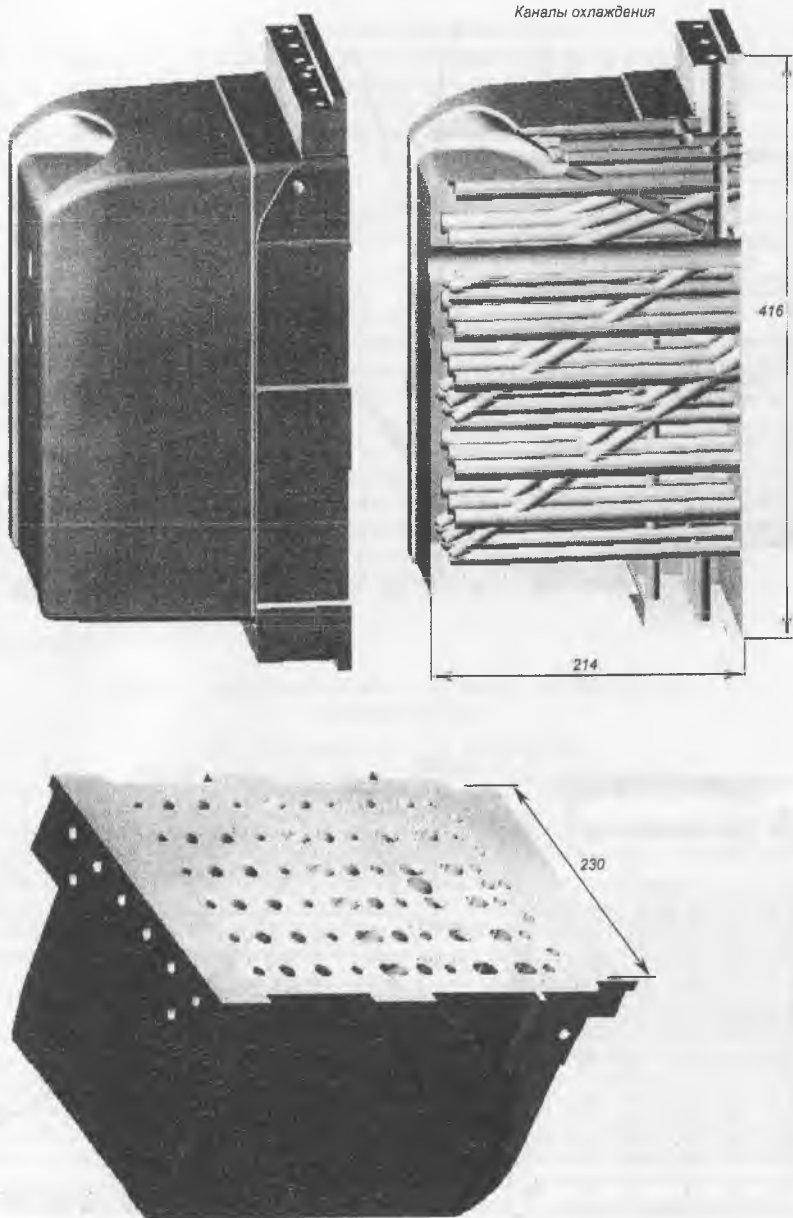


Рисунок 1 - Общий вид моделируемой детали «Пуансон»

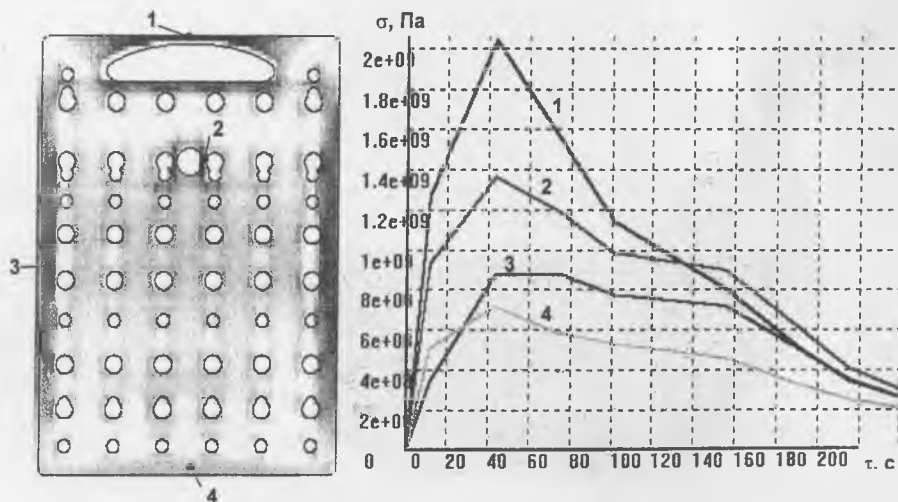
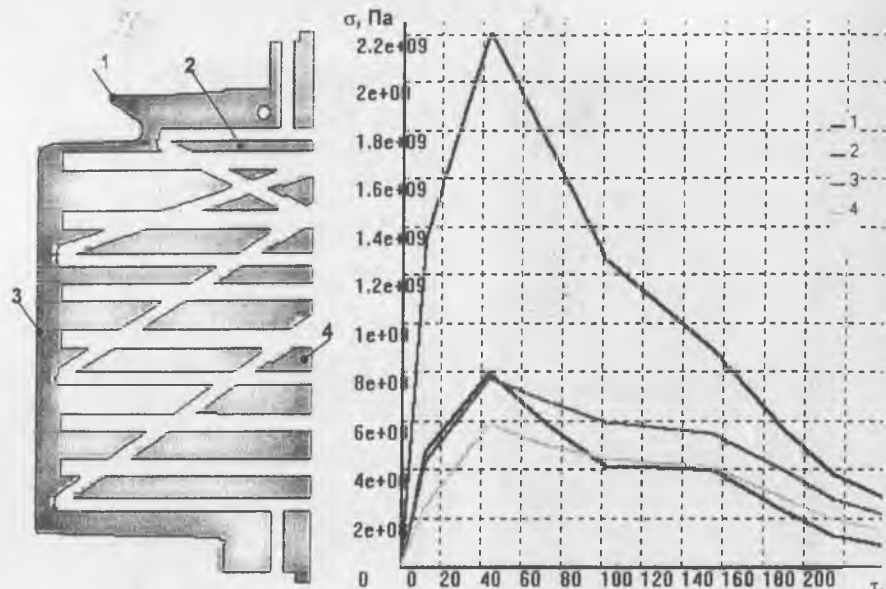


Рисунок 2 - Распределение напряжений в детали «Пуансон» для различных выделенных точек

Список использованных источников

1. Чичко О.И., Соболев В.Ф., Анисович Г.А., Чичко А.Н. О методах компьютерного анализа напряжений и деформаций трехмерной детали, подвергнутой термической обработке // Вести НАН Беларуси. 2002. №4. С.24-29.
2. Чичко А.Н., Яцкевич Ю.В., Соболев В.Ф. Компьютерная система «ПроТерм»: применение для управления процессом термической обработки деталей // ТЭО. 2002. №1. С.22-23.
3. Чичко А.Н., Яцкевич Ю.В., Соболев В.Ф. Трехмерное математическое моделирование термонапряженного состояния стальной детали // Литье и металлургия. 2001. № 4. С.82-84.

Аннотация

Рассматривается компьютерная система «ПроТерм», позволяющая моделировать процессы термической обработки промышленных деталей. На примере промышленной детали приведены результаты моделирования трехмерного поля растягивающих напряжений.

Summary

The computer system «ProTerm», permitting is esteemed to model processes of heat treatment of industrial parts. On an example of an industrial part the outcomes of simulation of a three-dimensional field of stresses are adduced.

УДК 621.792

**ОЦЕНКА СПЕЦИФИЧЕСКОЙ АДГЕЗИИ В ЛИТЬЕВЫХ  
СОЕДИНЕНИЯХ**

***П.С. Карabanов, Г.А. Бороздина***

*Новосибирский технологический институт  
Московского государственного университета  
дизайна и технологий*

Весь комплекс адгезионных явлений, возникающих при образовании литьевых соединений, можно рассматривать как результат проявления специфической и механической адгезии. Однако наиболее обоснованными являются представления об определяющей роли в адгезии химической природы контактирующих материалов, т.е. типа и количества функциональных групп на поверхности адгезива и субстрата и их способности к взаимодействию.

Следовательно, прогнозирование прочности литьевого крепления невозможно без знания вклада специфической адгезии в прочность литьевых соединений. Без этих данных затрудняется анализ другого важного фактора - поверхностной структуры, которая при одинаковой химической природе может существенно различаться в различных материалах верха.

В связи со сложностью явления адгезии, отсутствием единого подхода к методам оценки адгезионной прочности и трактовки экспериментальных данных, закономерности специфической адгезии могут быть получены при феноменологическом подходе к проблеме. В такой постановке и рассматривается задача оценки специфической адгезии в литьевых соединениях.

Для решения этой задачи определяли прочность литьевых соединений подошвенных композиций с модельными гладкими образцами (пленками), имеющими одинаковую химическую природу с материалами верха. Постановка такого экспериментального