

**Список литературы:** 1. Джаситов В.Э., Панкратов В.М. Математические модели теплового дрейфа гироскопических датчиков инерциальных систем. – СПб.: ГИЦ РФ – ЦНИИ «Электроприбор», 2001. – 150 с. 2. Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача. – М.: Высшая школа, 1991. – 480 с. 3. Мяченков В.И., Мальцев В.П. и др. Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов: Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 520 с. 4. Погорелов С.Ю., Счастливец К.Ю. Влияние температурных деформаций на точность работы лазерной бесплатформенной инерциальной навигационной системы // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков, 2003. – №8, т. 3. – С. 53-56. 5. Погорелов С.Ю., Счастливец К.Ю. и др. Температурное поле резонатора кольцевого лазерного гироскопа при различной конфигурации теплопроводящих элементов // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков, 2005. – № 20. – С. 3-8. 6. Погорелов С.Ю., Счастливец К.Ю. Уточнение расчетной модели кольцевого лазерного гироскопа на основе экспериментальных данных // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков, 2005. – №47. – С. 153-158. 7. Шлыков Ю.П., Ганин Е.А. и др. Контактное термическое сопротивление. – М.: Энергия, 1977. – 166 с.

*Поступила в редакцию 14.11.2007.*

УДК 539.3

**Т.В.ПОЛИЩУК**, ОАО «Азовобшемаш», Мариуполь

## **ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА НАКЛОНА ПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ: МОДЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ**

У статті описані моделі для дослідження напружено-деформованого стану макету плавильної печі. Проведено генерацію геометрії, скінченно-елементної сітки з інтегрованою параметризацією розмірів, зусиль та параметрів скінченно-елементної сітки.

In this paper models for research of stressedly-deformed state of model of smelting furnace are described. The generation of geometry and finite-element net is conducted with integrated parameterization of dimensions, efforts and parameters of finite-element net.

**Постановка задачи.** Оптимальное проектирование механизма наклона плавильной печи (МНПП) для ЗАО «АзовЭлектроСталь» [1-3] предполагает в качестве одного из основных этапов многовариантное исследование кинематики, анализ распределения усилий в сопряжениях элементов механизма, а также определение напряженно-деформированного состояния (НДС). При этом подразумевается, что и геометрическая модель объекта, и его кинематическая, динамическая и конечно-элементная модели (КЭМ) обладают параметрическим описанием. Последнее предполагает, что все используемые, создаваемые и изменяемые модели генерируются в автоматизированном режиме и управляются при помощи некоторого множества обобщенных параметров [4, 5]. В большой степени это относится к этапу конечно-элементного анализа, который следует за этапом кинематического и силового анализа

[1–3]. Поскольку первые этапы исследований уже обладают встроенной параметризацией [1-3], то возникает актуальная и важная задача создания методики построения параметрических конечно-элементных моделей механизма наклона плавильной печи. К этим моделям предъявляются требования совместимости с предшествующими моделями [1-3], а также возможность моделирования контактного сопряжения элементов механизма наклона плавильной печи с основанием. Ниже приведены этапы построения модели МНПП, а также описаны создаваемые конечно-элементные модели.

**Параметризация модели макета механизма наклона плавильной печи.** На этапе макетного моделирования механизма наклона плавильной печи требуется многовариантное расчетное и экспериментальное исследование НДС макета, причем с чередованием этих этапов, которое определяется получаемыми текущими численными и экспериментальными результатами. В связи с этим и сама макетная модель, и ее конечно-элементное представление должны обеспечивать их оперативную переделку.

На рис. 1 представлена предлагаемая в качестве базового варианта геометрическая модель макета МНПП.

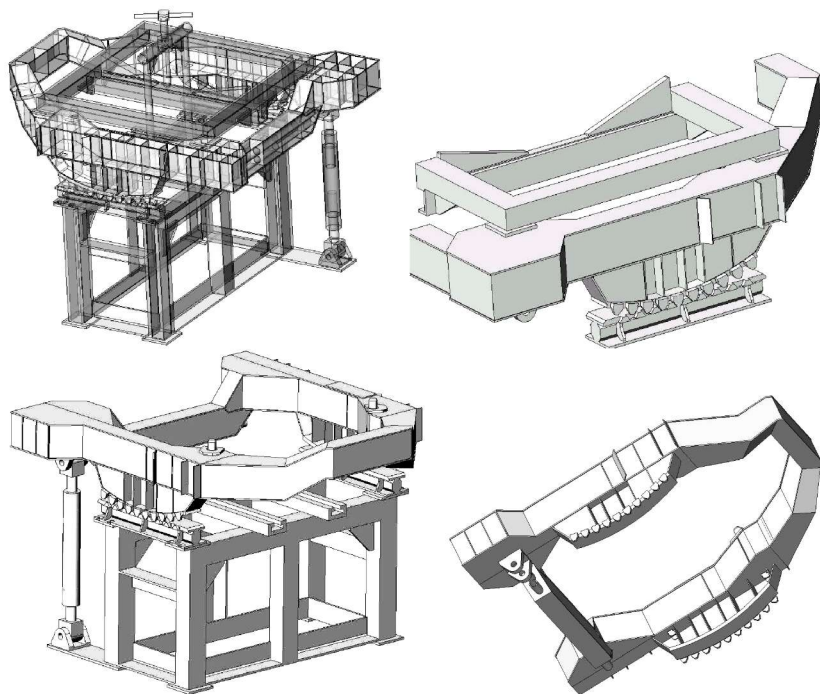


Рисунок 1 – Геометрическая модель механизма наклона плавильной печи и ее фрагменты

Модель создана в среде CAD-системы SolidWorks. Придание изменчивости и варьированности обеспечивается на этом этапе внутренними средствами SolidWorks [6].

Изменяемость структуры и конструктивных параметров макета механизма наклона плавильной печи достигается тем, что конструкция делается сварной. При этом допускается быстрая замена отдельных панелей, приварка дополнительных листов или изготовление отверстий, выборок и т.д. Кроме того, предполагается создание механизма имитации реального нагружения, который дает возможность изменять и величину, и направление, и место его приложения.

Для создания конечно-элементной модели механизма наклона плавильной печи предлагается использовать CAE-системы ANSYS, CosmosWorks, Pro/Mechanica. В этой связи на первом этапе моделирования создается набор параметров, обеспечивающих согласованное и эквивалентное изменение КЭМ механизма наклона плавильной печи, создаваемых в упомянутых или других CAE-системах. В качестве таких параметров предполагается выбрать:

- структуру разбивки области, занимаемой металлоконструкцией МНПП, на подобласти с различной густотой сетки;
- размеры конечных элементов, используемых в КЭМ, и способ их создания в разных частях моделируемых подобластей;
- структура контактных пар и опции моделировщика контактного взаимодействия.

В частности, в создаваемой модели МНПП (рис. 2) выделяется отдельно область, примыкающая к зоне контактного сопряжения (рис. 3). В этой области размеры конечных элементов меньше, чем в остальной части конструкции.

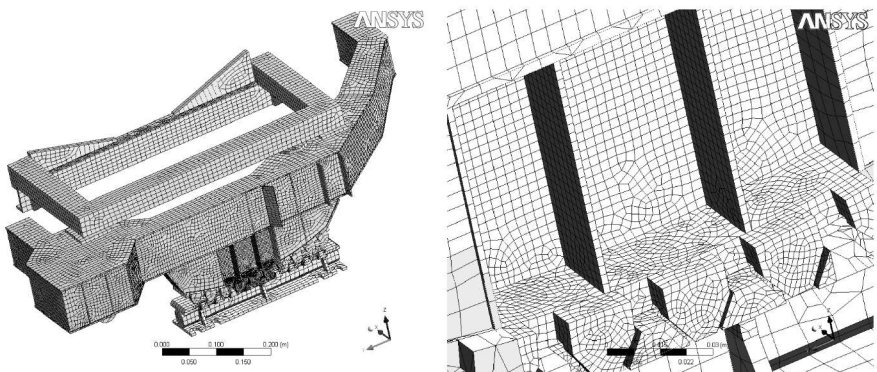


Рисунок 2 – Конечно-элементная модель механизма наклона плавильной печи и ее фрагменты

Выделяются в отдельные пары основные контактирующие (рис. 4), а также вспомогательные (рис. 5) поверхности.

В качестве основных управляющих параметров задаются размеры конечных элементов на отдельных фрагментах МНПП. В качестве предпочтительного типа предлагается использование призматических конечных элементов, а в переходных областях – тетраэдральных.

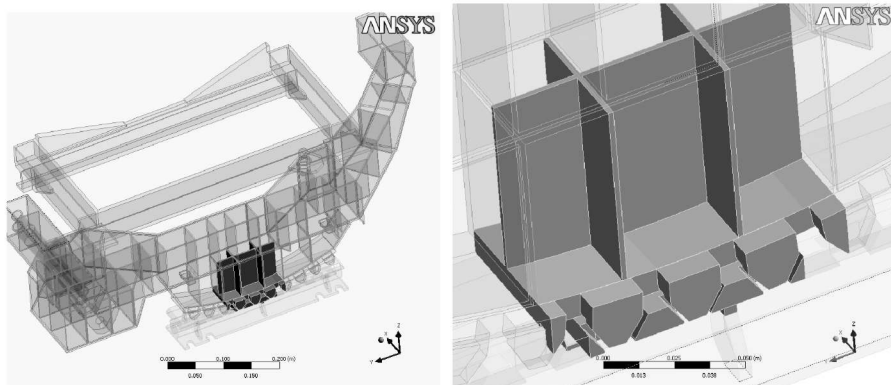


Рисунок 3 – Область механизма наклона плавильной печи, примыкающая к зоне контактного взаимодействия с основанием

Приведенные на рис. 2-5 конечно-элементные разбивки иллюстрируют возможность построения конечно-элементной модели среднего размера с удовлетворительным качеством определения напряженно-деформированного состояния. На рис. 6-8 представлены отдельные результаты решения задачи об определении напряженно-деформированного состояния макета МНПП с учетом контактного взаимодействия с основанием (макет под действием собственного веса).

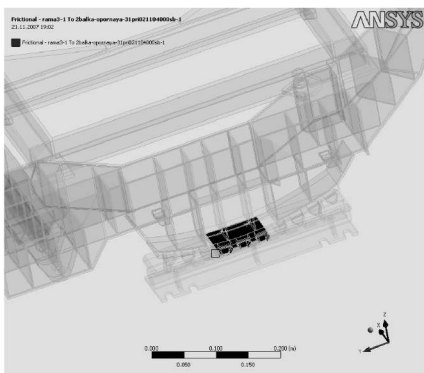


Рисунок 4 – Основные контактирующие поверхности (коромысло – основание)

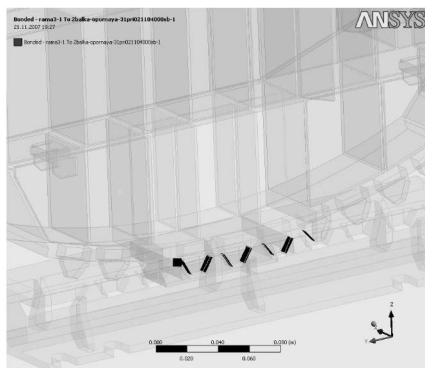


Рисунок 5 – Вспомогательные контактирующие поверхности (зубцы на коромысле – зубцы на основании)

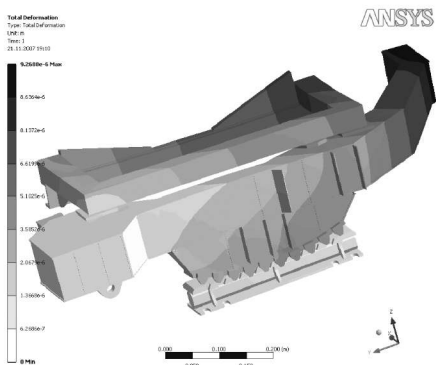


Рисунок 6 – Распределение суммарных перемещений точек макета МНПП

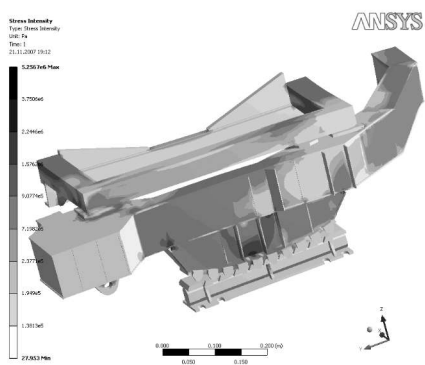
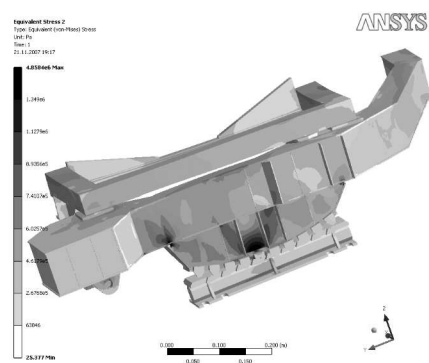
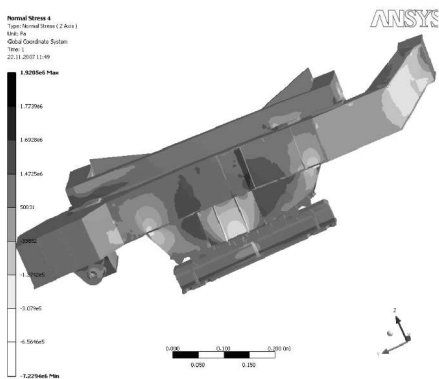


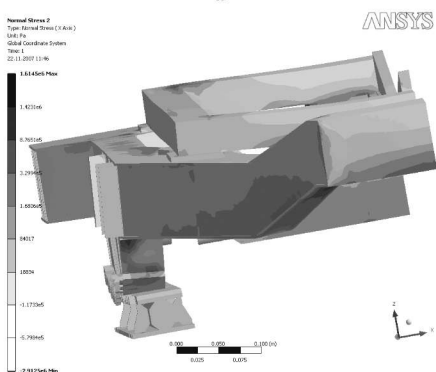
Рисунок 7 – Распределение интенсивности напряжений в макете МНПП



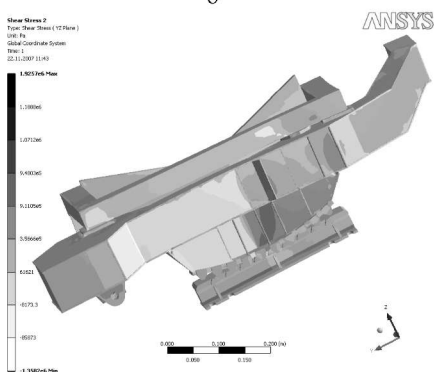
а



б



в



г

Рисунок 8: Распределение компонент тензора напряжений (вдоль оси OX) в макете МНПП: а – суммарные напряжения по Мизесу; б – напряжения вдоль оси Z; в – напряжения вдоль оси X; г – касательные напряжения YZ

**Заклучение.** В статье описана технология создания конечно-элементных моделей механизма наклона плавильной печи, характеризующаяся сквозной параметризацией создаваемых моделей, возможностью их экспорта между различными системами САД и САЕ, а также адаптацией к моделированию контактного взаимодействия по нескольким парам контактирующих поверхностей. Эти модели служат в качестве стартовых при осуществлении в дальнейшем многовариантных исследований НДС механизма наклона плавильной печи с целью обоснованного выбора рациональных параметров конструкции.

**Список литературы:** 1. *Ткачук Н.А., Гриценко Г.Д., Мартыненко А.В., Нечепуренко А.В., Полицук Т.В.* К вопросу расчетно-экспериментального исследования элементов сложных механических систем // Вестник НТУ «ХПИ». Тем. вып.: Машиноведение и САПР. – 2007. – № 23. – С. 81-92. 2. *Полицук Т.В., Пеклич М.М., Ткачук Н.Н.* Кинематический и силовой расчет механизма наклона плавильной печи // Механіка та машинобудування. – 2007. – № 1. – С. 100-106. 3. *Ткачук Н.А., Ткачук Н.Н., Полицук Т.В.* Контактное взаимодействие элементов конструкций с кинематически генерируемыми поверхностями // Вестник НТУ «ХПИ». Тем. вып.: Транспортное машиностроение. – 2007. – № 31. – С. 75-80. 4. *Ткачук Н.А., Бруль С.Т., Малакей А.Н., Гриценко Г.Д., Орлов Е.А.* Структура специализированных интегрированных систем автоматизированного анализа и синтеза элементов транспортных средств специального назначения. // Механіка та машинобудування. – 2005. – № 1. – С. 184-194. 5. *Ткачук Н.А., Гриценко Г.Д., Чепурной А.Д., Орлов Е.А., Ткачук Н.Н.* Конечно-элементные модели элементов сложных механических систем: технология автоматизированной генерации и параметризованного описания // Механіка та машинобудування. – 2006. – № 1. – С. 57-79. 6. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / *Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В.* и др. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.

*Поступила в редколлегию 21.09.2007*

УДК 621.833.031

**А.Г.ПРИЙМАКОВ**, канд.техн.наук; **А.В.УСТИНЕНКО**, канд.техн.наук;  
**Г.А.ПРИЙМАКОВ**; НТУ «ХПИ»

## **НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ С ПОЗИЦИЙ ТЕРМОКОНТАКТНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ В УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ И В УСЛОВИЯХ ПОЛЗУЧЕСТИ**

Розглянуто постановку контактної задачі в пружно-пластичній області за наявності зносу в зоні контакту. Запропоновано методику визначення термоконттактних деформацій і напруг деякого шару, що знаходиться під поверхневим шаром зуба в умовах повзучості.

Contact task in a resiliently-plastic area at presence of chafing in the contact area is considered. The method of determination of thermal-contact strains and stress of some stratum, being under the surface stratum of tooth in the conditions of creep is offered.