

ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ «СКИП-ЭЛЕКТРОМАГНИТ»

Сазанова Ю.Ю.*, директор Департамента инвестиционных технологий,
руководитель проектов, ООО «НПО Санкт-Петербургская электротехническая компания»;

Айкеева А.А., к.т.н., доцент**;

Роговая К.С., магистрант**; Жанасбаева А.С., магистрант**; Мухтарова П.А., лаборант**

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация;

**Карагандинский государственный университет им. академика Е.А.Букетова

г. Караганда, Республика Казахстан

Исследовано взаимодействие электромагнита на скипе и электромагнита на направляющем устройстве электромагнитной подъемной установки. Разработана программа расчета магнитной индукции и напряженности при различных параметрах электромагнитов.

Ключевые слова: скип, электромагнит, имитационное моделирование, магнитный поток, магнитное поле, магнитная индукция, напряженность.

Бурное развитие средств компьютерного проектирования и расчета конструкций породило возможность передачи информации, созданной в одной CAD-CAM-системе, в другие аналогичные системы. В результате объекты, созданные, например, средствами CAD, могут в дальнейшем использоваться при подготовке производства (то есть использоваться средствами из группы CAM), при расчете на прочность и на иные свойства (то есть использоваться средствами из группы CAE) или учитываться при ведении корпоративного проекта (то есть обрабатываться продуктами из группы PDM) [1,2].

Во многих случаях логически взаимосвязанное применение средств CAD и CAE приводит к существенному ускорению подготовки расчетных моделей для исследования прочностных, динамических и иных рассчитываемых свойств, и характеристик проектируемой конструкции. В [3] практический опыт, накопленный автором, показывает, что технологическая цепочка — подготовка средствами CAD геометрической модели для последующего расчета при помощи МКЭ — уменьшает время создания модели минимум в 3 раза.

Внедрение автоматизированных расчетов на основе математического моделирования позволяет осуществить комплексный анализ и оптимизацию изделия задолго до изготовления опытного образца.

Современные информационные методы базируются на системном анализе и учитывают вышеперечисленные особенности технологии изготовления и эксплуатации на основе моделирования машин, их реализацию методами нелинейной теории электромагнитного поля. Кроме этого, современные теоретические методы расчета и проектирования различных изделий и конструкций предполагают активное использование метода конечных элементов, концентрированным выражением которого и является пакет прикладных программ ANSYS. В этом плане пакет прикладных программ ANSYS может быть использован и при теоретических, и при аналитических исследованиях [4,5].

Необходимо разработать метод расчета и моделирования электромагнитов электромагнитной подъемной установки с учетом конструктивно-технологических факторов и создать систему автоматизированного анализа для обеспечения их прочности, надежности и долговечности. На основе автоматизированного системного анализа были разработаны модели электромагнитов установки, комплексно учитывающие конструктивно-технологические факторы [6,7].

Перед началом моделирования был поставлен вопрос о выборе взаимодействующих элементов. По плану, на «скипе» должны располагаться постоянные магниты или электромагниты, а в направляющих устройствах электромагнитной подъемной установки — электромагниты, переключающиеся автоматически по заданным параметрам. Изначально выбор стоял между двумя устройствами: соленоидом и непосредственно электромагнитом. В результате, из-за того, что при использовании соленоида ход был бы быстрым и резким, элементом взаимодействия был выбран электромагнит.

Имитационное моделирование динамических процессов взаимодействия основных элементов электромагнитов скипа и электромагнитов направляющих устройств электромагнитной подъемной установки преследует своей целью без дорогостоящих экспериментов расчетным путем определять оптимальные и рациональные параметры системы. Возможности современных компьютеров и

пакетов прикладных программ позволяют достаточно полно реализовывать системный подход к описанию многофакторных динамических состояний органически взаимосвязанных звеньев единой динамической системы «скип - электромагнит» [7]. Разработаны алгоритмы и программное обеспечение для расчета взаимодействия электромагнитов скипа и направляющих устройств электромагнитной подъемной установки в соответствии с рисунком 1.

Конечно-элементный анализ состоит из трех этапов: начальной подготовки (препроцессор), получения решения (процессор), обработки результатов моделирования (постпроцессор) [8,9].

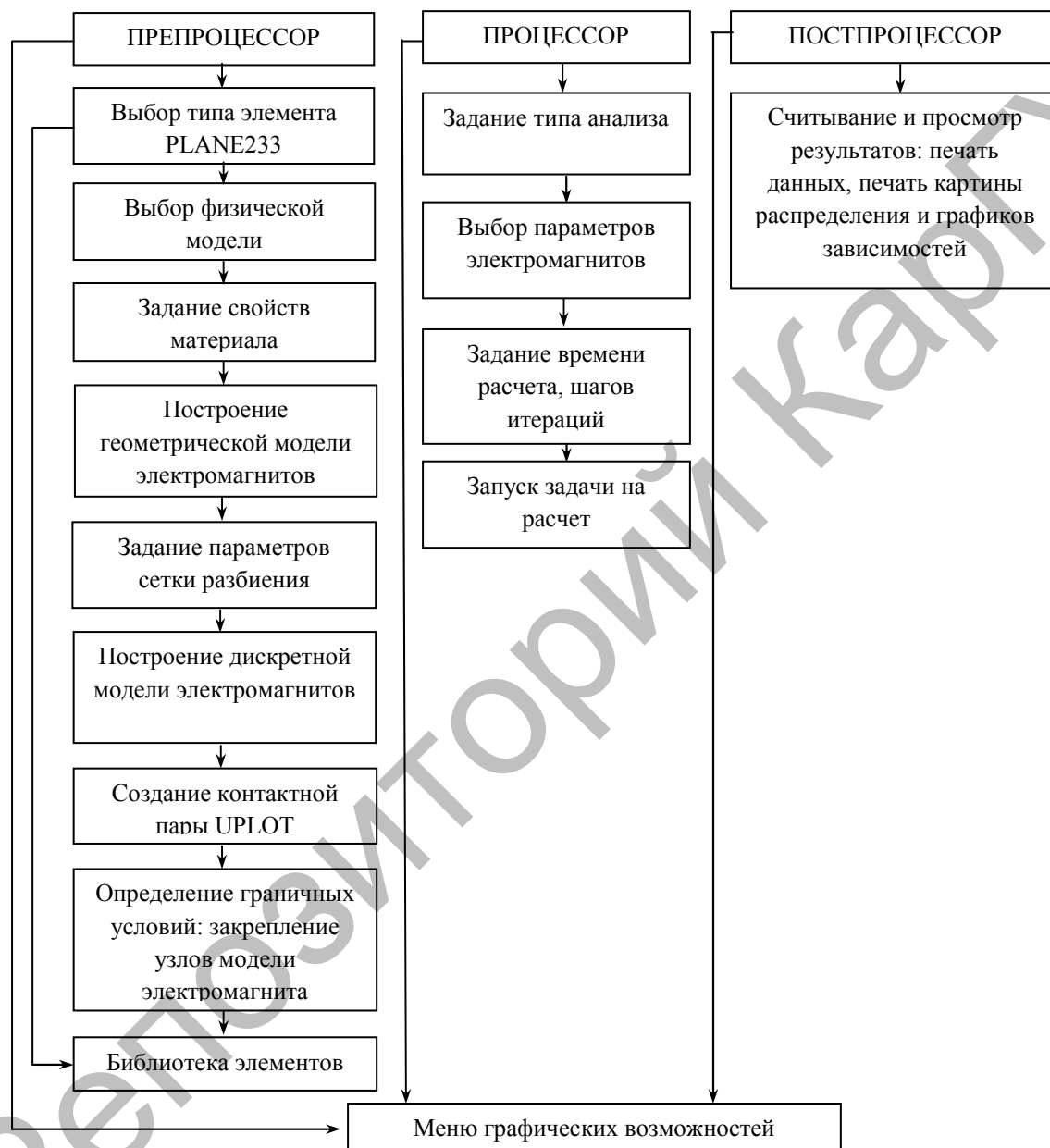


Рисунок 1 - Структурная схема решения модели «скип - электромагнит»

Учитывая осесимметричность модели, решение проводилось для четверти сечения электромагнитов (первый квадрант). На рабочей плоскости изображена четверть сечения электромагнитов в виде прямоугольника. Воздушное пространство изображено в виде четверти окружности, разбитой на две части по радиусу. Внутренняя часть – воздух, внешняя часть – воздух с моделированием затухания поля на бесконечности. Для разбиения площади сечения электромагнитов используется элемент PLANE233 с применением степеней свободы – ток и Z-составляющая векторного магнитного потенциала. Элемент INFIN110, используется для разбиения воздушного пространства при моделировании затухания поля на бесконечности. Определение материалов проводится заданием магнитной проницаемости. Этапы моделирования в программной среде ANSYS проводились в соответствии с рисунком 2.

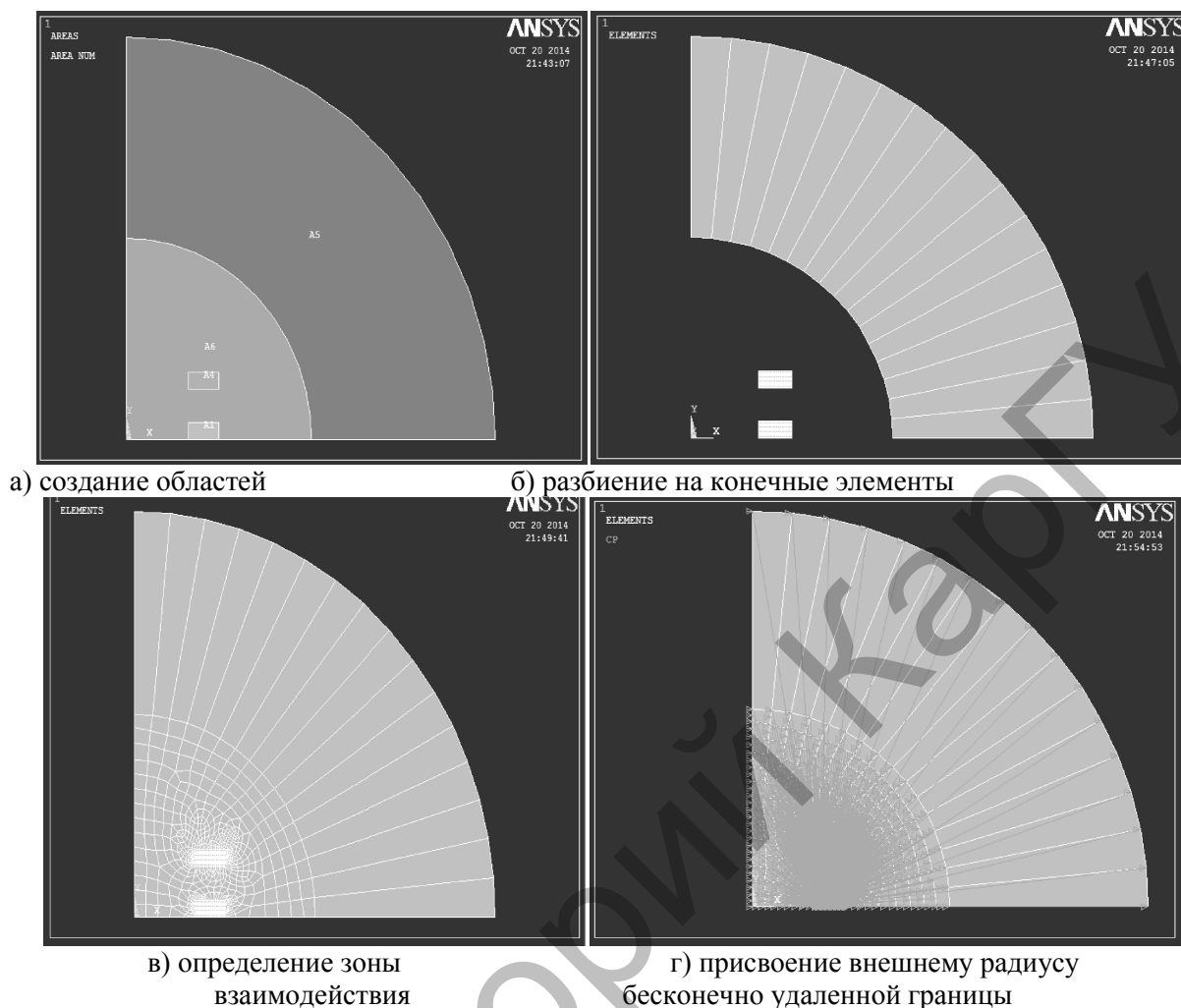


Рисунок 2 – Этапы имитационного моделирования взаимодействия электромагнитов

Для создания областей, имитирующих четверть сечения электромагнитов, изображается прямоугольник по координатам двух вершин (A_1 , A_4). Областями, имитирующими внешнюю среду (воздух) являются сегменты круга (A_5 , A_6). Следующим этапом проводится разбиение на конечные элементы областей модели. Задаются необходимые исходные данные модели: количество витков, внутренний радиус, внешний радиус, размеры электромагнита, коэффициент заполнения 0.8, ток в обмотке, частота, удельное сопротивление материала провода.

Построение модели осуществлялось посредством задания геометрии и входных параметров во входном файле согласно описанию команд.

В текстовом редакторе был создан файл, в котором описаны команды по созданию геометрии, заданию параметров областей и граничных условий. Геометрия модели так же может задаваться интерактивно при помощи графического интерфейса посредством задания областей с использованием примитивов: прямоугольников и кругов.

В результате решения данной имитационной модели взаимодействия электромагнитов получаем распределение магнитного потока (линии постоянного векторного магнитного потенциала) в соответствии с рисунком 3.

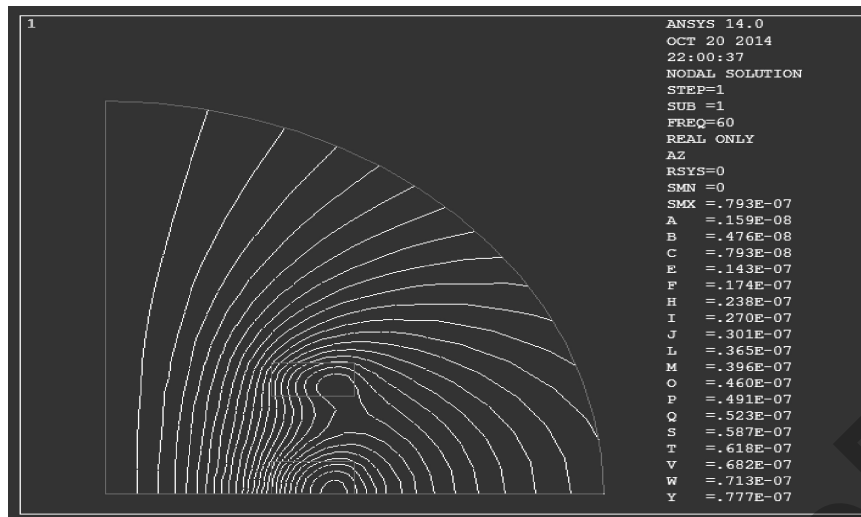


Рисунок 3 – Распределение магнитного потока взаимодействия электромагнитов

Просмотр результатов расчета максимальных и минимальных значений магнитной индукции B и напряженности H , а также их распределения возможен в векторном режиме (VectorPlot) в соответствии с рисунком 4.

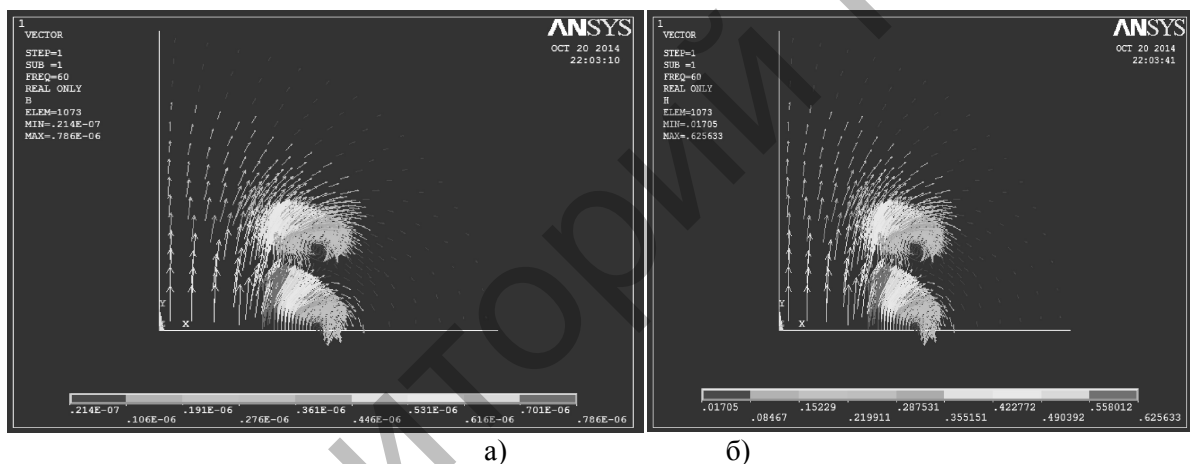


Рисунок 4 – Результаты расчета VectorPlot магнитной индукции B (а) и напряженности H (б) взаимодействия электромагнитов

И в тоже время просмотр результатов расчета максимальных и минимальных значений магнитной индукции B и напряженности H , а также их распределения возможен в узловом режиме (ContourPlot) в соответствии с рисунком 5.

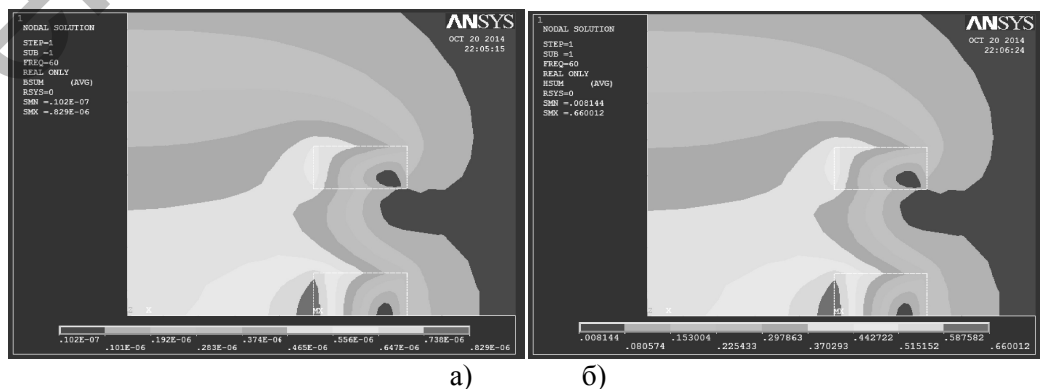


Рисунок 5 – Результаты расчета ContourPlot магнитной индукции B (а) и напряженности H (б) взаимодействия электромагнитов

Путем пошагового изменения параметров электромагнитов и тока было проведено ряд экспериментов и исследовано изменение взаимодействия электромагнитов.

Следующим этапом работы было исследование взаимодействия электромагнита на скипе и электромагнита на направляющем устройстве электромагнитной подъемной установки. По разработанной программе был проведен расчет при различных параметрах электромагнитов. Причем параметры электромагнита на скипе и направляющем устройстве принимались одинаковыми. Расчеты проводились для различных параметров электромагнита. Изменяя один параметр, остальные брались исходными. Изменялись следующие параметры: S - площадь поперечного сечения; n - количество витков; I - сила тока в обмотке; ν - частота тока; k - коэффициент заполнения.

Полученные результаты имитационного моделирования показаны в таблице 1.

Таблица 1 – результаты расчетов взаимодействия электромагнитов

Исходные данные					Результаты расчетов			
Площадь сечения электромагнита, S , см	Количество витков, n	Сила тока, I , А	Частота тока N , Гц	Коэффициент заполнения k	Магнитная индукция, Тл		Напряженность А/м	
					B_{\min}	B_{\max}	H_{\min}	H_{\max}
0,16	500	1	50	0,8	0,309E-07	0,113E-05	0,024551	0,900898
0,16	600	1	50	0,8	0,257E-07	0,943E-06	0,020459	0,750748
0,16	700	1	50	0,8	0,220E-07	0,809E-06	0,017536	0,643498
0,16	800	1	50	0,8	0,193E-07	0,708E-06	0,015344	0,563061
0,16	900	1	50	0,8	0,171E-07	0,629E-06	0,013639	0,500499
0,16	1000	1	50	0,8	0,154E-07	0,566E-06	0,012275	0,450449
0,16	500	0,4	50	0,8	0,309E-07	0,113E-05	0,024551	0,900898
0,16	500	0,6	50	0,8	0,309E-07	0,113E-05	0,024551	0,900898
0,16	500	0,8	50	0,8	0,309E-07	0,113E-05	0,024551	0,900898
0,16	500	1	50	0,8	0,309E-07	0,113E-05	0,024551	0,900898
0,16	500	1,2	50	0,8	0,309E-07	0,113E-05	0,024551	0,900898
0,16	500	1	50	1	0,247E-07	0,906E-06	0,019641	0,720731
0,16	500	1	50	0,8	0,309E-07	0,113E-05	0,024551	0,900898
0,16	500	1	50	0,6	0,411E-07	0,151E-05	0,032733	1,20115
0,16	500	1	50	0,4	0,617E-07	0,226E-05	0,049095	1,80153
0,16	500	1	50	0,2	0,123E-06	0,453E-05	0,098131	3,60091
0,08	500	1	50	0,8	0,309E-07	0,113E-05	0,024551	0,900898
0,16	500	1	50	0,8	0,309E-07	0,113E-05	0,024551	0,900898
0,24	500	1	50	0,8	0,309E-07	0,113E-05	0,024551	0,900898
0,32	500	1	50	0,8	0,309E-07	0,113E-05	0,024551	0,900898

По результатам были построены зависимости магнитной индукции и напряженности магнитного поля от переменного (изменяемого) параметра электромагнита для дальнейшего анализа свойств электромагнита и влияния его параметров на магнитное поле. Полученные зависимости были аппроксимированы. Проведенный анализ показал отсутствие влияния на параметры магнитного поля силы тока площади поперечного сечения электромагнита.

Полученные зависимости были аппроксимированы и определены целевые функции магнитной индукции и напряженности магнитного поля от изменения параметров электромагнита:

а) зависимости магнитной индукции (B) и напряженности (H) от коэффициента заполнения (k):

$$B_{\min}(k) = 6E-09k^4 - 7E-08k^3 + 3E-07k^2 - 4E-07k + 2E-07$$

$$B_{\max}(k) = 2E-07k^4 - 3E-06k^3 + 1E-05k^2 - 2E-05k + 8E-06$$

$$H_{\min}(k) = 0,0008k^4 - 0,0073k^3 + 0,0253k^2 - 0,0318k + 0,0327$$

$$H_{\max}(k) = 1,905k^4 - 22,02k^3 + 89,053k^2 - 141,42k + 73,199$$

б) зависимости магнитной индукции (B) и напряженности (H) от количества витков катушки (n):

$$B_{\min}(n) = 1E-11n^4 - 2E-10n^3 + 2E-09n^2 - 9E-09n + 4E-08$$

$$B_{\max}(n) = -3E-09n^3 + 4E-08n^2 - 3E-07n + 1E-06$$

$$H_{\min}(n) = -6E-05n^3 + 0,0009n^2 - 0,0064n + 0,0301$$

$$H_{\max}(n) = -0,0021n^3 + 0,0332n^2 - 0,2346n + 1,1043$$

Полученные результаты позволят в дальнейшем провести многофакторный анализ с целью получения целевых функций для выбора параметров электромагнита.

Литература:

- 1 Кудрявцев, Е. М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем: научное издание - М.: ДМК Пресс, 2004. - 317 с.
- 2 Советов Б.Я., Яковлев. Моделирование систем. – Москва: Высшая школа, 2001. - 343 с.
- 3 Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах / Под общ. ред. Д.Г. Красковского. - М.: КомпьютерПресс, 2002. - 224 с.: ил. (С. 7).
- 4 Андреева Е. Г., Шамец С. П. Расчет стационарных магнитных полей и характеристик электротехнических устройств с помощью программного пакета ANSYS. Учеб. Пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 1992. - 92с.
- 5 Справочная система ANSYS 6.1, ANSYSInc., 2002
- 6 Николаев Ю.А., Жаутиков Б.А., Айкеева А.А., Таранов А.В. Имитационное моделирование динамических процессов при движении скипов шахтных и карьерных пневмоподъемных установок. // Труды международной научной конференции «Наука и образование - ведущий фактор стратегии "Казахстан-2030». – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2006. - С. 311-314.
- 7 Айкеева А.А. Имитационное моделирование динамики уплотняющих устройств в шахтных пневмоподъемных установках. // Materiałyivmiędzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «strategicznepytaniaświatowej nauki – 2008». -Przemśl: Wydawca NaukaIstudia, 2008. - Т.9. – С. 30-34.
- 8 Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. ANSYS для инженеров: Справ, пособие. - М.: Машиностроение-1, 2004. - 512 с.
- 9 Наседкин А.В. Конечно-элементное моделирование на основе ANSYS. Программы решения статических задач сопротивления материалов с вариантами индивидуальных заданий. // Ростов -на -Дону: УПЛ РГУ, 1998. 44 с.: ил.

ПРОМЫШЛЕННАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

Сазанова Ю.Ю.*, директор Департамента инвестиционных технологий,
руководитель проектов,

*ООО «НПО Санкт-Петербургская электротехническая компания»
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация;

Айкеева А.А., к.т.н., доцент**; Кубаева У.С., ст. преподаватель**;

**Карагандинский государственный университет академика им. академика Е.А.Букетова
г. Караганда, Республика Казахстан

Разрабатываемая система будет интересна для внедрения на предприятиях АрселорМитал, Казахмыс, Балхашцветмет и ряде других металлургических предприятий СНГ. Система также представляет интерес для горнодобывающей промышленности ввиду схожих требований к эксплуатации промышленного оборудования.

Ключевые слова: система технического зрения, профиль металлопроката, высокотемпературные измерения, промышленные системы.

В металлургии и горнодобывающей отрасли множество процессов происходят при высокой температуре. Для получения высококачественной продукции с заданными характеристиками (металлический прокат, производства металлических изделий, обогащение руды и т.д.) необходим точный и своевременный контроль за всеми процессами обработки сырья. Недостаточный или несвоевременный контроль приводит к увеличенному количеству брака, понижению конкурентоспособности продукции, недостаточной надежности производимого продукта (например, контроль на наличие внутренних полостей в металлической трубе производится уже после изготовления трубы) или необходимости сложного и дорогостоящего выходного контроля для отбраковки продукта, обладающего недостаточным качеством [1].

Всё это приводит к увеличению стоимости и длительности производства продукции и к увеличению количества выявляемого брака в процессе выходного контроля. На производство отбракованной продукции тратится тот же объём сырья и производственных ресурсов, что и на годную продукцию, но при этом её невозможно реализовать по стоимости годной продукции, а в ряде случаев такая продукция требует утилизации или переработки, что требует дополнительных затрат.