



ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
«ХПИ»

12'2010

Харьков

ВЕСТНИК НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА «ХПИ»

Сборник научных трудов «Электроэнергетика и преобразовательная техника»

12'2010

Издание основано Национальным техническим университетом «Харьковский политехнический институт» в 1999 году

КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Председатель

Л.Л. Товажнянский, д-р техн. наук, проф.

Ответственный секретарь

К.А. Горбунов, к-т техн. наук, доц.

А.П. Марченко, д-р техн. наук, проф.;

Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.;

Е.Е. Александров, д-р техн. наук, проф.;

Л.М. Бесов, д-р ист. наук, проф.;

А.В. Бойко, д-р техн. наук, проф.;

Ф.Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф.;

М.Д. Годлевский, д-р техн. наук, проф.;

А.И. Грабченко, д-р техн. наук, проф.;

В.Г. Данько, д-р техн. наук, проф.;

В.Д. Дмитриенко, д-р техн. наук, проф.;

И.Ф. Домнин, д-р техн. наук, проф.;

В.В. Епифанов, к-т техн. наук, проф.;

Ю.И. Зайцев, к-т техн. наук, проф.;

П.А. Качанов, д-р техн. наук, проф.;

В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.;

С.И. Кондрашов, д-р техн. наук, проф.;

В.М. Кошельник, д-р техн. наук, проф.;

В.И. Кравченко, д-р техн. наук, проф.;

Г.В. Лисачук, д-р техн. наук, проф.;

В.С. Лупиков, д-р техн. наук, проф.;

О.К. Морачковский, д-р техн. наук, проф.;

В.И. Николаенко, к-т ист. наук, проф.;

П.Г. Перерва, д-р экон. наук, проф.;

В.А. Пуляев, д-р техн. наук, проф.;

М.И. Рыщенко, д-р техн. наук, проф.;

В.Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.;

Г.М. Сучков, д-р техн. наук, проф.;

Ю.В. Тимофеев, д-р техн. наук, проф.;

Н.А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.;

Государственное издание

Свидетельство Госкомитета по
информационной политике Украины
КВ № 5256 от 2 июля 2001 года

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Ответственный редактор:

Г.М. Сучков, д-р техн. наук, проф.

Ответственный секретарь:

Н.Н. Юданова;

Е.Л. Ноздрачева;

Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.;

В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.;

Б.В. Клименко, д-р техн. наук, проф.;

В.В. Воинов, канд. техн. наук, доц.;

Б.М. Горкунов, канд. техн. наук, доц.;

В.П. Себко, д-р техн. наук, проф.;

В.С. Лупиков, д-р техн. наук, проф.;

А.Г. Гурин, д-р техн. наук, проф.;

И.В. Тюпа, канд. техн. наук, доц.

Адрес редколлегии: 61002, Харьков,
ул. Фрунзе, 21. НТУ «ХПИ».

Каф. ПМНК, тел. (0572) 7076380.

Харьков 2010

Вісник Національного о технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. "Електроенергетика и преобразовательная техника". - Харків: НТУ «ХПІ» - № 12. - 2010. - 208 с.

В збірнику представлено теоретичні та практичні результати наукових досліджень та розробок, що виконані викладачами вищої школи, аспірантами, науковими співробітниками різних організацій та установ.

Для викладачів, наукових співробітників, спеціалістів.

В сборнике представлены теоретические и практические результаты исследований и разработок, выполненных преподавателями высшей школы, аспирантами, научными сотрудниками различных организаций и предприятий. Для преподавателей, научных сотрудников, специалистов.

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ "ХПІ";

Протокол № 5 від 12. 06. 2010 р.

© Національний технічний університет «ХПІ», 2010

В.Я. ГАЛЬЧЕНКО, д-р техн. наук, проф., Луганский государственный медицинский университет (ЛГМУ)
А.Н. ЯКИМОВ, препод., ЛГМУ
Д.Л. ОСТАПУЩЕНКО, препод., ЛГМУ

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ С ВЫСОКООДНОРОДНЫМИ МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ В ДЕФЕКТОСКОПИЧЕСКОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ

В роботі розглянуто задачу синтезу намагнічуючих пристроїв магнітного неруйнівного контролю. Розроблено програмні засоби проектування магнітних систем, що дозволяють створювати у робочому просторі пристрою контролю магнітні поля з високим ступенем однорідності та високою інтенсивністю.

In this work a synthesis problem of magnetizing devices for nondestructive control is considered. The designed software tools let to create a high intensive and uniform magnetic field inside an effective volume of the control device.

Введение. При проведении магнитного дефектоскопического неразрушающего контроля неоднородность намагничивающего поля может выступать в качестве мешающего фактора, затрудняющего обнаружение дефектов сплошности, поэтому при проектировании намагничивающего устройства часто необходимо обеспечить высокую однородность магнитного поля в зоне контроля.

В качестве источников магнитного поля устройств неразрушающего контроля чаще всего используются П-образные магниты (рис.1) с прямоугольными полюсами, обеспечивающие достаточно высокую однородность поля в некоторой ограниченной области вблизи оси системы [1-3]. Однако проектирование более сложных намагничивающих устройств, позволяющих создавать высокооднородные магнитные поля во всем рабочем объеме межполюсного пространства электромагнита, является гораздо более актуальной задачей, имеющей существенную важность на практике.

Постановка задачи. Представляет интерес выбор в качестве контролируемого изделия прямошовной электросварной трубы [4]. Пусть рабочий объем Ω имеет форму параллелепипеда с квадратным основанием размером $2A \times 2A$ и высотой $2B$. Задачей проектирования является создание в этом объеме намагничивающего поля с высокой степенью однородности и высокой интенсивности. Для оценки однородности магнитного поля в рабочем объеме фиксируется множество контрольных точек, расположенных регулярно с шагом Δx , Δy , Δz вдоль соответствующих координатных осей.

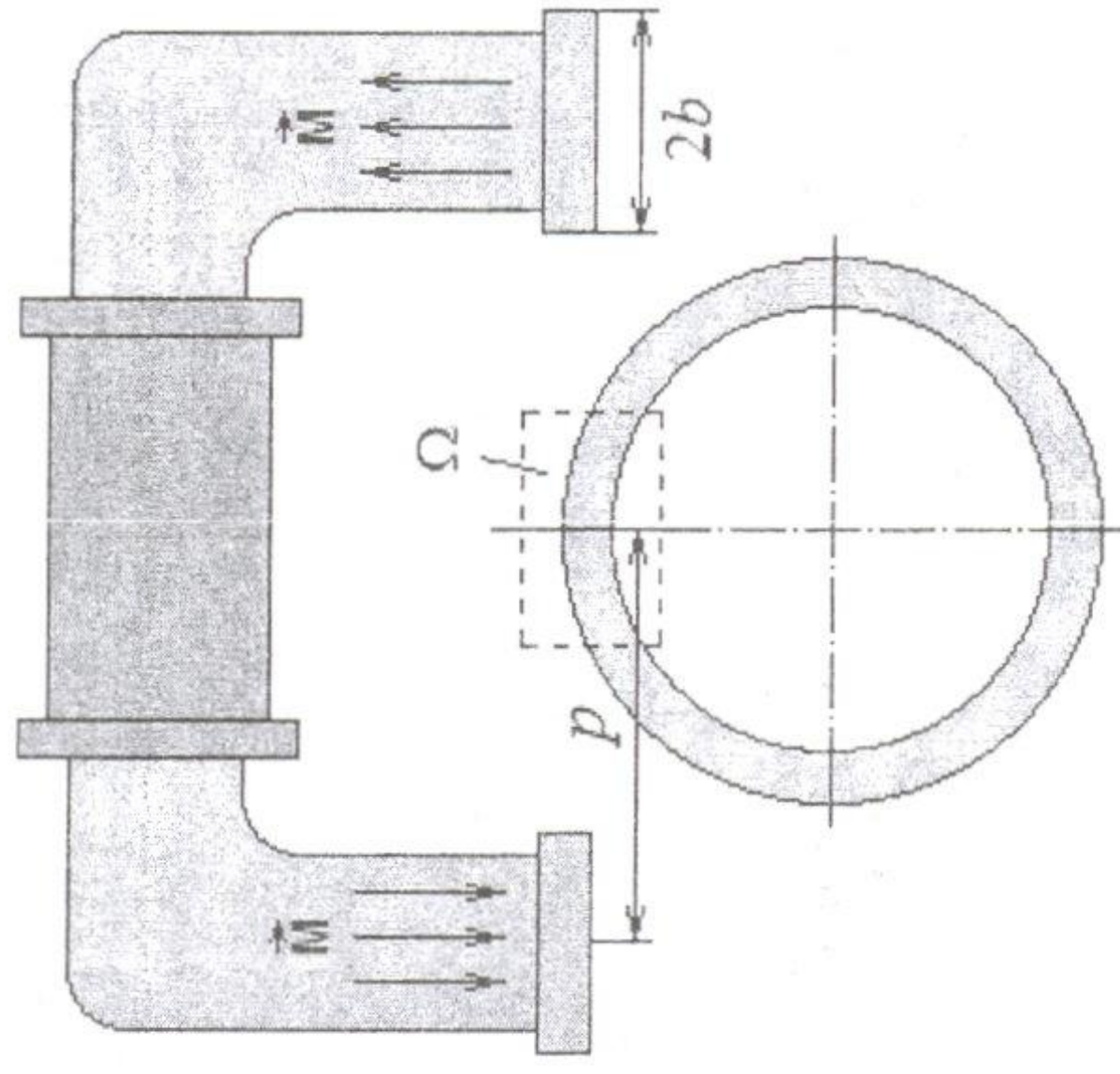


Рис. 1. Намагничивающая система с П-образным магнитом

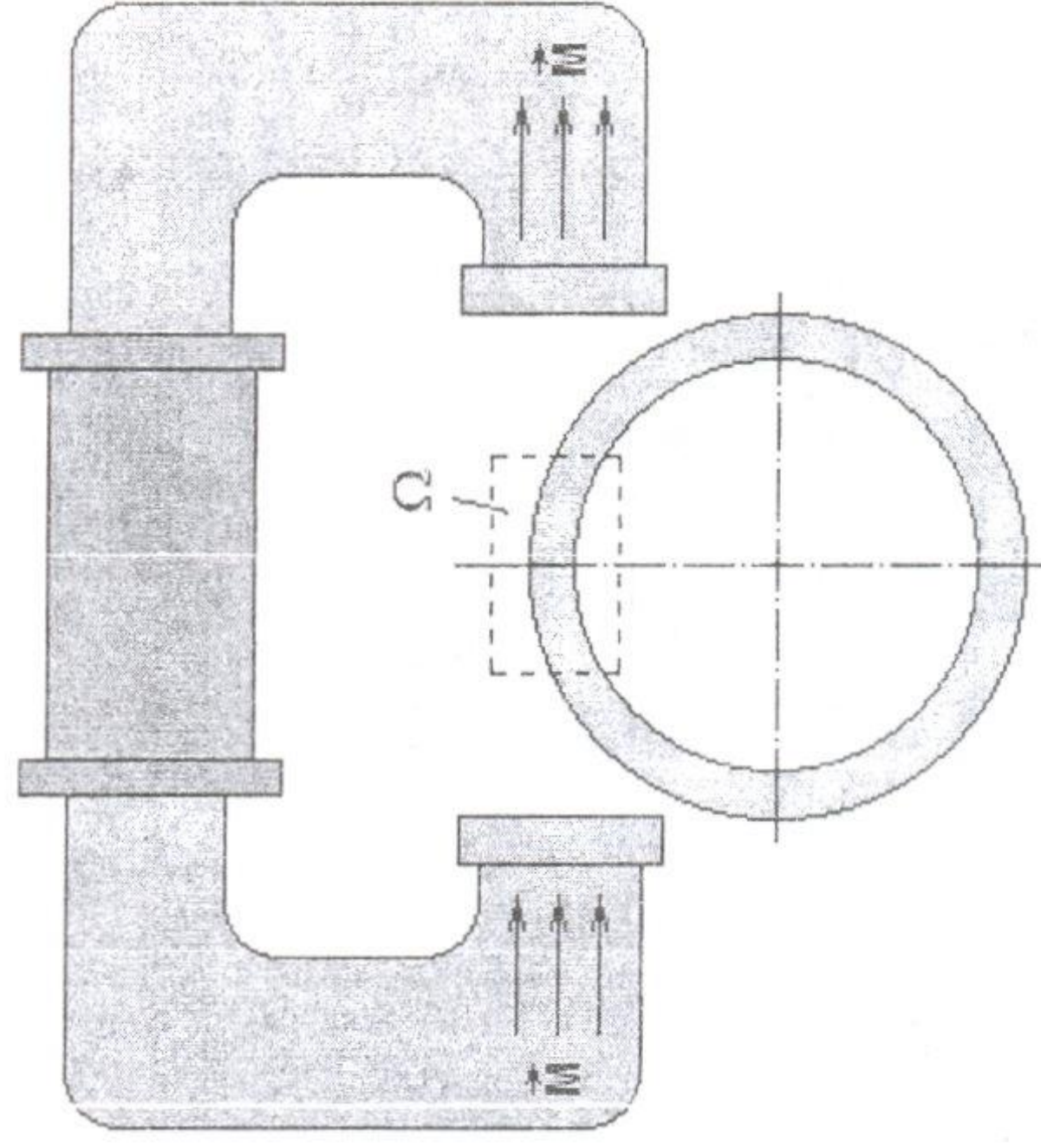


Рис. 2. Намагничивающая система с С-образным магнитом

В качестве критерия однородности магнитного поля примем наибольшее относительное отклонение значения напряженности поля в контрольных точках от поля в центре системы

$$\Delta = \frac{\max_k |H^{(k)} - H^{(0)}|}{|H^{(0)}|} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $H^{(k)}$ — напряженность магнитного поля в k -й контрольной точке, $H^{(0)}$ — напряженность поля в центре рабочего объема.

Ставится задача оптимального выбора значений параметров полюсных наконечников, обеспечивающих требуемые условия контроля.

Основная часть. При проведении оптимального синтеза намагничивающих систем требуется многократно осуществлять решение прямой задачи расчета магнитного поля, создаваемого электромагнитом с прямоугольными полюсами. Воспользуемся моделью, в которой расчет поля в рабочем объеме осуществляется с использованием простого слоя магнитных зарядов. Пусть поверхностная плотность магнитных зарядов постоянна на всей поверхности прямоугольного полюса и равна σ , а система координат расположена так, как это показано на рис. 3.

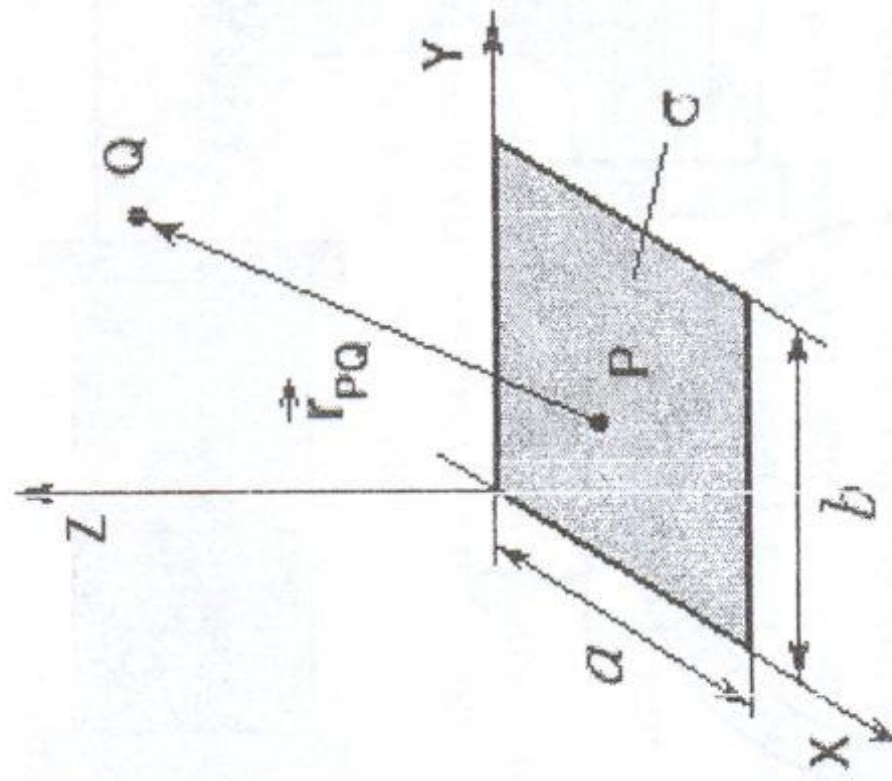


Рис. 3. Прямоугольный полюс электромагнита

Тогда компоненты напряженности магнитного поля, создаваемого прямоугольным полюсом в точке наблюдения Q с координатами x , y и z можно рассчитать по формулам (2).

$$\begin{aligned} H_x(x, y, z) &= \frac{\sigma}{4\pi} \int_0^a \int_0^b \frac{x - x_P}{r_{PQ}^3} dx_P dy_P \\ H_y(x, y, z) &= \frac{\sigma}{4\pi} \int_0^a \int_0^b \frac{y - y_P}{r_{PQ}^3} dx_P dy_P \\ H_z(x, y, z) &= \frac{\sigma}{4\pi} \int_0^a \int_0^b \frac{z}{r_{PQ}^3} dx_P dy_P \end{aligned} \quad (2)$$

$$r_{PQ} = \sqrt{(x - x_P)^2 + (y - y_P)^2 + (z - z_P)^2},$$

где $\sigma = \mathbf{M} \cdot \mathbf{n}$ — плотность поверхностных магнитных зарядов, $\mathbf{n}$ — внешняя нормаль к поверхности полюса, $\mathbf{M}$ — вектор намагниченности вблизи поверхности полюса. Вычисление интегралов приводит к формулам (3).

$$\begin{aligned} H_x(x, y, z) &= -\frac{\sigma}{4\pi} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (-1)^{i+j} \ln(y_j + \sqrt{x_i^2 + y_j^2 + z^2}) \\ H_y(x, y, z) &= -\frac{\sigma}{4\pi} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (-1)^{i+j} \ln(x_i + \sqrt{x_i^2 + y_j^2 + z^2}) \\ H_z(x, y, z) &= \frac{\sigma}{4\pi} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (-1)^{i+j} \operatorname{arctg} \left(\frac{x_i y_j}{z \sqrt{x_i^2 + y_j^2 + z^2}} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

$$x_1 = x; \quad y_1 = y;$$

$$x_2 = x - a; \quad y_2 = y - b.$$

В каждой контрольной точке межполюсного пространства компоненты напряженности магнитного поля $\mathbf{H}$ могут быть рассчитаны на основе принципа суперпозиции магнитного поля от каждого из полюсов.

В работе [2] показано, что для обеспечения значительной степени однородности магнитного поля между основаниями П-образного магнита (рис. 1) со стороны $2b$ нужно выбирать такое расстояние $2p$ между центрами полюсов, чтобы выполнялось соотношение

$$1.5 < \frac{2p}{2b} < 3 \quad (4)$$

Проведем оценку однородности и интенсивности магнитного поля для этого случая. Пусть размеры рабочего объема для трубы диаметром $d = 51$

мм составляют $20 \times 20 \times 30$ мм, а шаг между контрольными точками 1 мм. Если стороны прямоугольного полюса равны 100 мм, то численный расчет для ряда расстояний между центрами полюсов, удовлетворяющих соотношению (4), позволяет получить значения однородности и напряженности поля, приведенные в табл. 1. Величина напряженности поля в центре рабочего объема выражена в долях от намагниченности полюсов M .

Таблица 1
Характеристики магнитного поля для П-образного магнита

$2r$, мм	Δ , %	$H^{(0)} \times M$, A/м
150	22	0.3354
175	12	0.2364
200	8	0.1763
250	5	0.1092
300	3	0.0744

Можно сделать вывод, что отдаление полюсов П-образного магнита приводит к увеличению однородности магнитного поля в рабочем объеме, тогда как напряженность поля при этом значительно убывает.

Намагничивающая система в виде С-образного магнита (рис. 2) при тех же размерах трубы, контрольной зоны и полюсов электромагнита при расстоянии между полюсами 52 мм дает, как показывает численный расчет, следующие оценочные значения интересующих параметров в рабочем объеме

$$\Delta = 5.2\%, \quad H^{(0)} = 0.5769 \times M \text{ A/м}$$

Таким образом, в ряде случаев, когда область контроля находится между полюсами электромагнита, более целесообразно использовать в качестве намагничивающей системы С-образный магнит, который позволяет обеспечить лучшую однородность при большей интенсивности намагничивающего поля, что также является очевидным из физических соображений.

Для повышения степени однородности поля для этой конструкции магнитной системы одним из возможных вариантов ее реализации является построение с использованием набора дискретных прямоугольных стержней. Априори предполагаются известными размеры дискретных элементов полюсных наконечников, их количество, а также то, что они намагничены до состояния близкого к насыщению (см. рис. 4).

Пусть полюсные наконечники имеют квадратную форму и на каждом основании электромагнита расположено $2N \times 2N$ квадратных элементов со сторонами размером D , намагниченность которых M считается постоянной и направленной вдоль оси OZ . Требуется подобрать такие расстояния h_i от поверхностей этих элементов до плоскости XOY контрольной области, чтобы

внутри рабочего объема Ω в межполюсном пространстве создавалось высокооднородное магнитное поле максимально возможной напряженности.

В силу зеркальной симметрии задачи для однозначного описания расстояний до поверхностей прямоугольных элементов полюсных наконечников достаточно задать численные значения лишь n расстояний (см. рис. 5)

Таким образом, расстояния до полюсных наконечников однозначно

$$n = \frac{N(1+N)}{2} \quad (5)$$

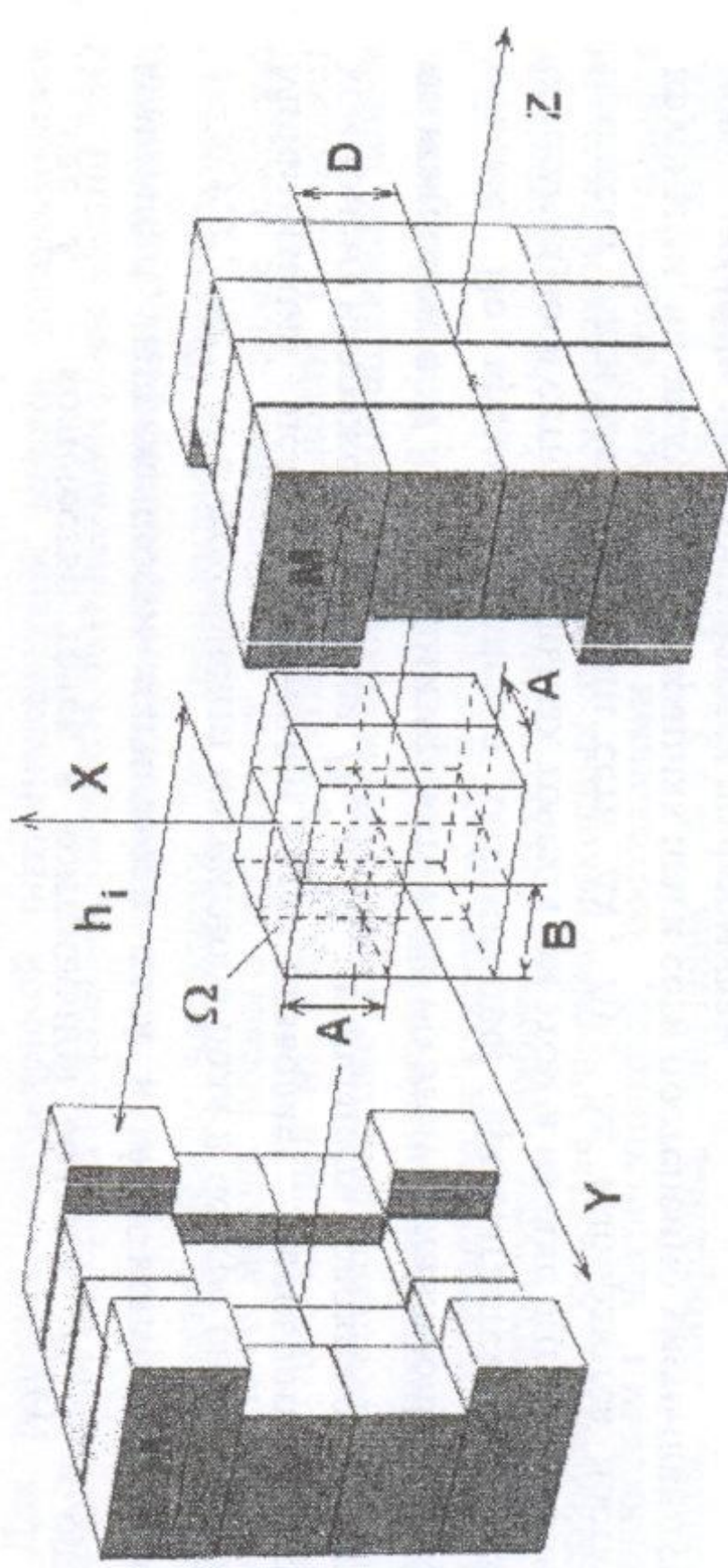


Рис. 4. Общий вид полюсных наконечников магнитной системы. определяются вектором параметров

$$\mathbf{h} = \{h_0, h_1, \dots, h_{n-1}\} \quad (6)$$

h_0	h_1	h_2	h_1	h_0
h_1	h_3	h_4	h_3	h_1
h_2	h_4	h_5	h_4	h_2
h_2	h_4	h_5	h_4	h_2
h_1	h_3	h_4	h_3	h_1
h_0	h_1	h_2	h_1	h_0

Рис. 5. Параметры квадратных полюсных элементов ($N = 3$)

При этом достаточно обеспечить однородность магнитного поля лишь в области пространства, лежащей в одном из октантов Ω и имеющей размеры $A \times A \times B$.

Для оптимального синтеза высокооднородного магнитного поля внутри объема рабочей области воспользуемся следующей нормированной многокритериальной целевой функцией

$$f(\mathbf{h}) = \frac{\sum_{k=1}^K (H_x^{(k)})^2 + \sum_{k=1}^K (H_y^{(k)})^2 + \sum_{k=1}^K (H_z^{(k)} - H_z^{(0)})^2}{K \cdot |H_z^{(0)}|^3} \quad (7)$$

где K — количество точек в контрольной области, $H_i^{(k)}$ — одна из компонент напряженности магнитного поля в k -й контрольной точке, $i = x, y, z$; $H_z^{(0)}$ — z -компонента магнитного поля в центре рабочего объема. Минимизация целевой функции (7) позволяет уменьшить значения компонент напряженности поля H_x и H_y , выполнить условия однородности по компоненте H_z и максимизировать поле по этой составляющей в рабочем объеме. Во время проведения оптимизации предлагается использовать сгущающуюся сеть контрольных точек. При этом в начале оптимизационного процесса шаги между узлами сети Δx , Δy , Δz выбираются достаточно крупными, на следующих итерациях шаги сети постепенно уменьшаются и их новые значения пересчитываются по формулам

$$\Delta x' = \frac{\Delta x}{s_x}; \quad \Delta y' = \frac{\Delta y}{s_y}; \quad \Delta z' = \frac{\Delta z}{s_z}, \quad (8)$$

где $\Delta x'$, $\Delta y'$, $\Delta z'$ — новые значения расстояний между соседними контрольными точками, s_x , s_y , s_z — масштабирующие коэффициенты для соответствующих осей координат. Для плавного сгущения сети значения масштабирующих коэффициентов s предлагается задавать несколько большими единицы. При таком выборе новые контрольные точки не совпадут с предыдущими, и однородность поля будет оцениваться в других точках рабочего объема, т. е. происходит более тщательное исследование области контроля ограниченным количеством «плавающих» точек.

Таким образом, при оптимизации с использованием сгущающейся сети сначала находится грубое решение задачи, а затем значение вектора $\mathbf{h}$ уточняется при меньшем шаге между контрольными точками. Результат такого подхода — ускорение оптимизационного процесса за счет уменьшения общего числа расчетов магнитного поля в контрольных точках.

Зададимся ограничениями на изменения значений h_i выступов полюсных элементов магнитной системы (см. рис. 4). Так как выступы полюса не могут пересекать поверхность трубы, и в то же время для обеспечения значительной напряженности магнитного поля должны находиться достаточно близко от нее, то для любого выступа должно выполняться неравенство

$$B < h_i \leq h_{\max}, \quad (9)$$

где $h_{\max}$ — наибольшее допустимое расстояние между плоскостью XOY контрольной зоны и выступами элементов магнитного полюса; $i = 0, n-1$.

Для решения поставленной оптимизационной задачи использовался разработанный авторами гибридный алгоритм оптимизации рою частиц PSO и генетического алгоритма GA с вещественными хромосомами со случайной топологией связей между частицами. Эта разновидность эволюционного мультиагентного метода роевого интеллекта обеспечивает более высокую сходимость, чем каждый из этих алгоритмов в отдельности, и позволяет находить глобальное решение многоэкстремальной оптимизационной задачи высокой размерности за минимальное число вычислений целевой функции, что выгодно отличает его от классического PSO [5, 6].

Проиллюстрируем работу разработанного ПО на численном эксперименте. В качестве значений исходных данных для магнитной системы с полюсными наконечниками, состоящими из набора прямоугольных элементов, выбирались значения $N = 5$, $D = 10$ мм, $h_{\max} = 100$ мм, $A = 10$ мм, $B = 15$ мм, $\Delta x^{(0)} = \Delta y^{(0)} = \Delta z^{(0)} = 5$ мм, $s_x = s_y = s_z = 1.017$.

При этом полюсные наконечники и контрольная зона имеют размеры, аналогичные тем, которые применялись для оценки характеристик поля, создаваемого П-образным магнитом.

Сгущение сетки продолжалось до шага 1 мм через каждые 15 итераций оптимизационного процесса. Размер роя принимался равным 20 частицам, количество кроссоверов — 4, вероятность мутации — 0.3. При данном количестве полюсных элементов требовалось найти оптимальные значения для $n = 15$ параметров. Результаты решения этой задачи оптимизации приведены в табл. 2.

Внешний вид одного из двух оптимальных полюсных наконечников для данного случая моделирования проиллюстрирован на рис. 6. Сравнительный анализ показал, что синтезированный вариант конструкции имеет более высокие показатели однородности и интенсивности магнитного поля, чем П-образные и С-образные системы с плоскими полюсами.

В процессе изготовления полюсных наконечников могут быть допущены погрешности, наиболее существенными из которых в смысле влияния на распределение поля являются отклонения в расстояниях h_i .

Таблица 2
Оптимальные значения выступов полюсных элементов

Выступ	Значение, мм	Выступ	Значение, мм
h_0	96.692	h_8	96.453
h_1	26.000	h_9	78.389
h_2	47.754	h_{10}	50.310
h_3	26.128	h_{11}	78.702
h_4	44.503	h_{12}	84.844
h_5	71.583	h_{13}	79.225
h_6	96.060	h_{14}	97.846
h_7	80.343		
Однородность магнитного поля, %		Δ_x, Δ_y	0.005
		Δ_z	0.013
Напряженность поля в центре рабочей области, А/м		$H^{(0)}$	0.2133·М

Для оценки влияния погрешностей изготовления численно промоделируем случайные отклонения оптимальных размеров выступов, воспользовавшись для определенности нормальным законом их распределения.

Из технологических соображений будем считать, что стандартное отклонение этих значений составляет 0.1 мм. На рис. 7 приведены гистограммы, показывающие распределение однородности магнитного поля при заданном уровне отклонения. Размер выборки равен $m = 1000$.

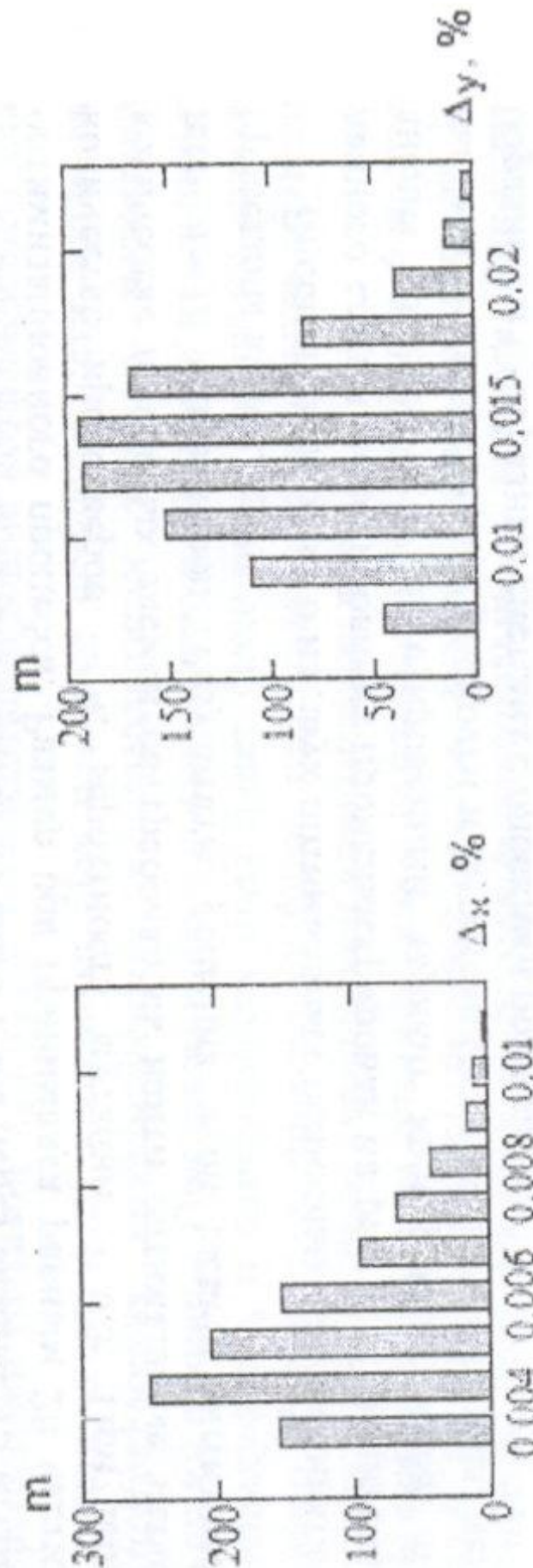


Рис. 7. Гистограммы влияния погрешностей выступов на однородность поля

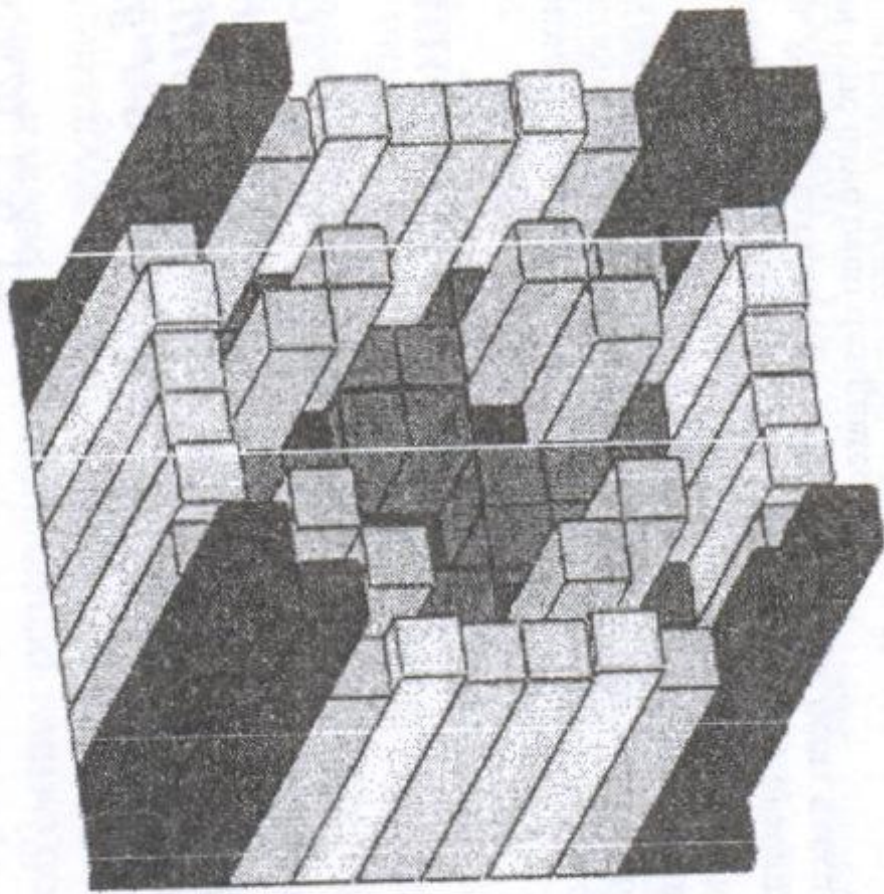


Рис. 6. Внешний вид оптимального полюсного наконечника ($N = 5$)

Полученные в результате статистической обработки данные для математических ожиданий и стандартных отклонений однородности магнитного поля составляют

$$\overline{\Delta_x} = \overline{\Delta_y} = 0.0055\%$$

$$\sigma(\Delta_x) = \sigma(\Delta_y) = 0.0015\%$$

$$\overline{\Delta_z} = 0.0129\%$$

$$\sigma(\Delta_z) = 0.0031\%$$

Заключение. Результатом работы является создание программного комплекса оптимального синтеза намагничивающих устройств дефектоскопического контроля с высокооднородными магнитными полями, позволяющего проектировать широкий спектр устройств для конкретных объектов контроля. В качестве примера оптимального синтеза удалось спроектировать магнитную систему для намагничивания электросварных труб диаметром 51 мм, обеспечивающую в рабочем объеме магнитное поле с однородностью 0.01 %. Предложенный вариант оказался более эффективным, чем обычно применяемые на практике намагничивающие устройства в виде П-образных магнитов.

Список литературы: 1. Зацепин Н.Н., Коржова Л.В. Магнитная дефектоскопия. – Мн.: Наука и техника, 1981. – 208 с. 2. Мужичик В.Ф., Кудрявцев Д.А. Некоторые вопросы определения оптимальных размеров намагничивающих систем на постоянных магнитах // Дефектоскопия. – 2004. – № 2. – С. 67–75. 3. Загидуллин Р.В., Якибаев Б.Р., Загидуллин Т.Р. Влияние дискретности магнитной системы на величину ее магнитного поля // Контроль. Диагностика. – 2009. – № 10. – С. 9–14. 4. Шлеенков А.С., Булычев О.А., Шлеенков С.А. Установка УМД-101М для автоматизированного магнитного контроля качества электросварных труб по всему объему. – 2008. 5. Kennedy J., Eberhart R. Particle Swarm Optimization. // Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks (Perth, Australia), IEEE Service Center, Piscataway, NJ. 5(3). – 1995. – pp. 1942-1948. 6. Clerc. M. Back to random topology. Режим доступа к статье: http://iclerc.maurice.free.fr/psa/random_topology.pdf.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Стенцель Й.І., Рябіченко А.В., Євсюков В.В.</i> Математичні моделі зрівноважуючого ультразвукового засобу контролю рівня рідинних середовищ.....	3
<i>Стенцель Й.І., Євсюков В.В.</i> Експериментальні дослідження ультразвукового методу контролю рівня рідинних середовищ з нерівномірними поверхнями.....	9
<i>Стенцель Й.І., Шаповалов О.І.</i> Експериментальні дослідження ультразвукових сигналів магнітострикційного засобу контролю рівня рідинних середовищ.....	15
<i>Поркуян О.В., Стенцель Й.І., Проказа О.І.</i> Реологічні моделі технологічного контролю параметрів з внутрішніми зв'язками у виробництві аміачної селітри.....	21
<i>Поркуян О.В., Сотникова Т.Г.</i> Комбінований метод определения относительного содержания магнетита в твердой фазе железорудной пульпы.....	29
<i>Безвесільна О.М., Подчашиїнський Ю.О.</i> Ідентифікація параметрів руху чутливого елемента у вимірювачі лінійних прискорень.....	37
<i>Панченко В.А.</i> Моніторинг корозійного стану сталі в процесі застосування якості катодної захисти засобом аналізу перехідної функції спада поляризаційного потенціала.....	45
<i>Зори А.А., Соломичев Р.И., Тарасюк В.П.</i> Исследование затухания ультразвука в воздухе и структуре металла валков горячей прокатки из стали 150XНМ.....	51
<i>Тарасюк В.П., Шинкарева О.В.</i> Методика оценки показателей качества многокомпонентной смеси в экспертной системе управления рецептурной станцией.....	57
<i>Вовна О.В., Зорі А.А., Хламов М.Г.</i> Спосіб компенсації динамічної гохибки інфрачервоного вимірювача концентрації метану для вугільних шахт.....	65
<i>Дашин Д.О., Тарасюк В.П.</i> Ультразвуковой толщиномер покрытий рабочих валков на прокатных станах.....	71
<i>Авраменко С.В., Тарасюк В. П., Бурківченко В.І.</i> Прилад контролю ступеня іонізації в приміщенні.....	78
<i>Приходченко Б.В., Тарасюк В.П.</i> Основні математичні передумови побудови інформаційно-вимірювальної системи очищення стічних вод.....	86
<i>Поздняков Е.К., Сенько В.Ф.</i> Магнитографический метод определения дефектов шахтного подъемного каната.....	96
<i>Гальченко В.Я., Якимов А.Н., Остапученко Д.Л.</i> Оптимальное проектирование магнитных систем с высокооднородными магнитными полями в дефектоскопическом разрушающем контроле.....	100
<i>Сучков Г.М., Петрищев О.М., Десятніченко О.В., Юдашова Н.М.</i> ЕМА товщинометрія. (огляд).....	110

<i>Глоба С.Н., Хорло Н.Ф., Стороженко С.В.</i> Особенности проведения капиллярного метода неразрушающего контроля.....	122
<i>Горкунов Б.М., Тищенко А.А.</i> Анализ методов и устройств для контроля упругенного слоя металлических изделий.....	123
<i>Багмет О.Л., Львов С.Г.</i> Бесконтактное измерение радиуса цилиндрического изделия переменного частотным электромагнитным методом.....	136
<i>Безимянна К.Ю., Колесников А.М., Комаров К.А., Талько О.В.</i> Дослідження спотворення акустичного поля поблизу двовимірнього дефекту.....	142
<i>Безимянний Ю.Г., Єпіфанцева Т.О., Козирацький Є.О.</i> Дослідження впливу структури композита на основі мідного порошку із вольфрамовими вкрапленнями на швидкість поширення пружної хвилі.....	148
<i>Головина А.К., Зори А.А., Тарасюк В.П.</i> Прибор для определения объемного расхода тепла на основе ультразвука и пьезокерамики.....	156
<i>Мостовой С.П.</i> Инженерная методика расчета параметров индукционно-динамического преобразователя для сейсмоакустических исследований.....	162
<i>Сучков Г. М., Нездрачова К. Л., Хащина С. В.</i> Визначення впливу факторів, які визначають роботу ЕМА дефектоскопу для контролю довгомірних виробів.....	168
<i>Базаров Н.Д., Тарасюк В.П.</i> Розробка математичної моделі методу вимірювання в'язкості розплавленого металу із застосуванням ультразвукових хвиль.....	176
<i>Киреева Ж.А., Киреев В.А., Сизонов С.П.</i> Диагностирование цифровых узлов радиоэлектронной аппаратуры.....	184
<i>Киреева Ж.А., Киреев В.А., Кравченко М.А.</i> Исследование устойчивости и построение переходных процессов систем управления.....	188
<i>Глебова Л.В., Тюпа И.В., Григорьев А.Л., Глоба С.Н.</i> Возбуждение ультразвуковых колебаний емкостным преобразователем.....	192
<i>Хомяк Ю.В., Сучков Г.М.</i> Расчетная модель ортогонального вихрекового преобразователя.....	196
<i>Тюпа И.В., Горкунов Б.М., Авраменко А.А., Скопенко В.В.</i> Определение поверхностных дефектов в поперечном электромагнитном поле ферромагнитных цилиндрических объектов.....	202

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ХПІ»

Сборник научных трудов «Электротехника и преобразовательная техника»

Збірник наукових праць № 12, 2010 рік

Науковий редактор

Г.М. Сучков, д-р техн. наук, проф.

Технічний редактор

Е.Л. Ноздрачева

Відповідальний за випуск

В.М. Луньова

Обл.-вид. № 113-10

Підп. до друку 07.06.2010 р. Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Папір офісний.
Різо-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 12,0. Наклад 300 прим. 1-й з-д 1–100.
Зам. № 225. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХПІ».

Свідцтво про державну реєстрацію ДК № 3657 від 24.12.2009 р.
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Друкарня НТУ «ХПІ», 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21