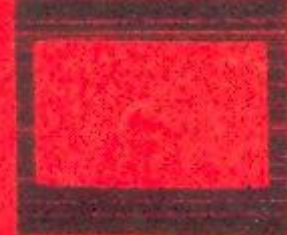
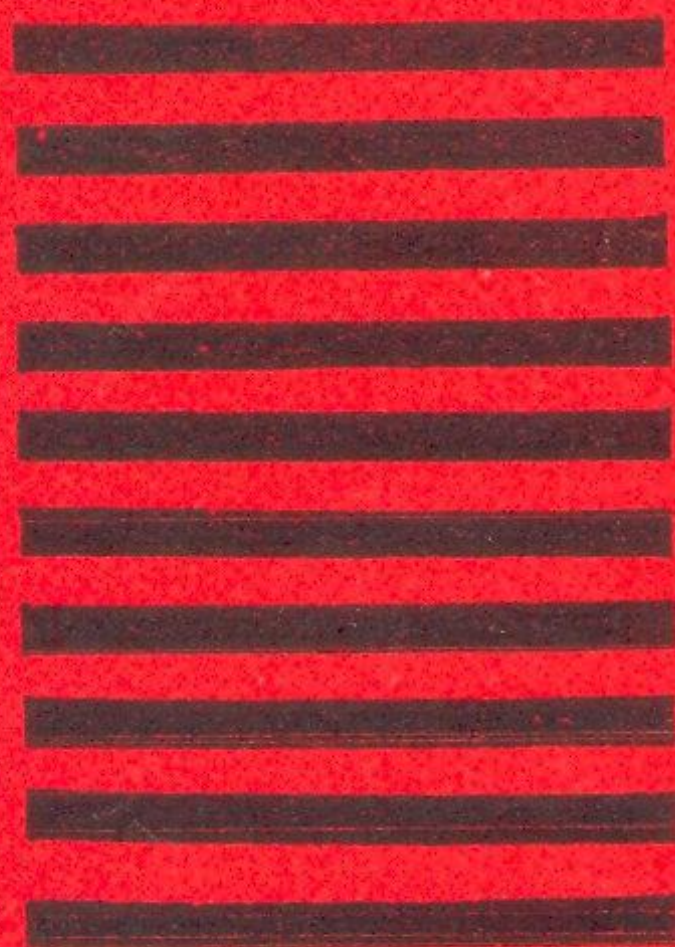


# Вісник

Сумського  
державного  
університету

*Серія  
Технічні науки*



№ 1(34)' 2002

*Міністерство освіти і науки України*

***Вісник Сумського державного  
університету***

***Науковий журнал***

***Серія***

***Технічні науки***

***(Автоматика, електроніка, інформатика)***

*Заснований у 1994 році*

***№ 1(34)' 2002***

*Суми Видавництво СумДУ*

Журнал публікує статті, які містять нові теоретичні та практичні результати з автоматики, електроніки, інформатики, підготовлені професорсько-викладацьким складом, аспірантами та здобувачами університету і інших ВНЗ, а також вченими та спеціалістами інших наукових установ.

Для викладачів ВНЗ, наукових працівників, аспірантів.

Рекомендовано до друку науково-технічною радою  
Сумського державного університету,  
протокол № 4 від 13.12.2001 р.

Головний редактор професор Ковальов І.О.

Заступник головного редактора доцент Хворост В.А.

Відповідальний секретар Сівцова О.В.

#### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ СЕРІЇ

Борисенко О.А. (редактор серії), *д.т.н., професор*;

Володченко Г.С. (заступник редактора), *д.т.н., професор*;

Воробйов Г.С., *д.ф.-м.н., доцент*;

Кисіль Г.Д., *д.т.н., професор*;

Кулик І.А., *к.т.н.*;

Захаров М.В., *д.т.н., професор*;

Лебединський І.Л., *к.т.н., доцент*;

Мировицький Г.П., *к.т.н., доцент*;

Холін Б.Г., *д.т.н., професор*;

Червяков В.Д., *к.т.н., доцент*

Адреса редакційної колегії: 40007, м.Суми, вул.Р.-Корсакова, 2.  
Тел. 33-41-08

Свідоцтво про реєстрацію  
КВ № 4935 від 12.03.2001 р.

Президією ВАК України (постанова  
№ 1-05/9 від 08.09.99 р. перелік № 2)  
журнал зареєстровано як наукове видання  
з технічних наук

© Вид-во Сумського державного університету, 2002

## ЗМІСТ

### АВТОМАТИКА

|                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Володченко Г.С., Кравченко В.А. Структурный синтез системы оценки состояний нестационарного объекта управления в параметрическом и фазовом пространствах ..... | 5  |
| Маслова З.И., Дорошик А.А. Сети Петри в моделировании вычислительных процессов .....                                                                           | 9  |
| Лебединский И.Л., Романовский В.И. Математическая модель статического режима работы многоклетьевого проволочного прокатного стана .....                        | 15 |
| Кобяков О.М., Ляпа М.М., Кудінов М.М. Вимоги, які ставляться до засобів кутового супроводження, їх аналіз та варіанти рішення щодо задоволення рішень .....    | 21 |

### ЕЛЕКТРОНІКА

|                                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Борискин А.И., Варакин О.В., Еременко В.М., Лифар И.Н., Павленко П.А., Скрипченко А.Н., Хоменко С.Н. Измерение концентраций химических элементов состава стандартных образцов методами лазерной масс-спектрометрии и рентгеновского микроанализа ..... | 29 |
| Тулякова Н.О. Применение КИХ-гибридных медианных фильтров в локально-адаптивных алгоритмах на основе Z-параметров .....                                                                                                                                | 41 |
| Павлов А.К., Гальченко В.Я. Программный комплекс нелинейного синтеза магнитных устройств .....                                                                                                                                                         | 50 |

### ІНФОРМАТИКА

|                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Борисенко А.А. О структурной теории информации .....                                                                                                     | 57  |
| Борисенко А.А. О структурах комбинаторных источников информации .....                                                                                    | 63  |
| Борисенко А.А., Зубань Ю.А. Оптимальное неравномерное кодирование в методе локальных сдвигов .....                                                       | 68  |
| Кулик И.А., Ноздренков В.С. Оценка вероятности необнаруживаемой ошибки $1/n$ равновесных кодов .....                                                     | 71  |
| Гриненко В.В. Оценка помехоустойчивости биномиальных кодов .....                                                                                         | 76  |
| Телетов О.С. Системи штучного інтелекту в конструюванні технічно складних виробів .....                                                                  | 80  |
| Краснопоясовський А.С., Скаковська А.М. Оцінка асимптотичної точності системи розпізнавання образів з відкритою абеткою класів .....                     | 86  |
| Скаковська А.М., Заговора С.О. Корекція асимптотичної точності системи розпізнавання образів з відкритою абеткою класів .....                            | 90  |
| Авраменко В.В., Карпенко А.П. Распознавание фрагментов заданных эталонов в анализируемом сигнале с помощью функций непропорциональности .....            | 96  |
| Карпенко А.П. Классификация множества изображений на образы в точке или на интервале с помощью характеристик непропорциональности числовых функций ..... | 101 |

use of these algorithms in the field of processing of 1-D informative signals distorted by complex noises with non-stationary a priori unknown characteristics.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Astola J., Kuosmanen P., Fundamentals of Nonlinear Digital Filtering. - USA: CRC Press LLS, Boca Ration, 1997. - 276.
2. Зеленский А.А., Кулемин Г.П., Лукин В.В., Мельник В.П., Локально-адаптивные устойчивые алгоритмы обработки радиоизображений//Препринт № 93-8. - Харьков:Ин-т радиофизики и электроники, 1993. - С.38.
3. Лукин В.В., Анализ поведения показателей локальной активности для нелинейных адаптивных фильтров// Радиофизика и электроника.-Харьков: ИРЭ НАНУ, 1998. - Т.3, №2. - 80-89 с.
4. Heinonen P., Neuvo Y. Median type filters with predictive FIR substructures: IEEE, Trans. Acoust. Speech Signal Processing. - Vol. 36, № 6, 1988. - 892-899.
5. Alpo Varri. Algorithms and Systems for the Analysis of Long-Term Physiological Signals - Thesis for the degree of Doctor of Technology. - Tampere University of Technology, 1992. - 60.

*Поступила в редколлегию 10 июля 2001г.*

УДК 620.179.14

## ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС НЕЛИНЕЙНОГО СИНТЕЗА МАГНИТНЫХ УСТРОЙСТВ

*А.К. Павлов;*

*В.Я. Гальченко\*, д.т.н., доцент*

*(Луганский медицинский университет)*

Магнитные устройства представляют большой практический интерес и находят широкое применение во многих областях науки и техники. С синтезом устройств, генерирующих магнитное поле с требуемыми параметрами в заданном объеме, приходится сталкиваться при решении прикладных задач электротехники, приборостроения, медицины. В практике магнитных измерений магнитные устройства используются в качестве мер магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента, градиента магнитной индукции, измерительных преобразователей и различных намагничивающих устройств. В медицине с синтезом устройств, генерирующих магнитное поле с заданными свойствами, сталкиваемся при проектировании магнитотерапевтических устройств, ЯМР – томографов, ЯМР – спектрометров. Кроме того, магнитные устройства должны соответствовать многочисленным конструктивным требованиям.

Предлагаемый программный комплекс может использоваться при проектировании магнитных устройств, генерирующих магнитное поле требуемой конфигурации в заданном объеме, а также в качестве обучающей программы по изучению фундаментального курса «Теоретические основы электротехники» раздела «Электродинамика».

Задача синтеза магнитных устройств относится к классу обратных задач. Задаваясь функцией распределения магнитного поля в некоторой области пространства, требуется найти геометрию источника магнитного поля, удовлетворяющего определенным условиям в рамках заданной погрешности.

В качестве источников магнитного поля в большинстве случаев используются многоконтурные системы круговой и прямоугольной формы. Предлагается искомыми параметрами источников, которые обеспечивают требуемую конфигурацию магнитного поля, считать:

а) для систем кругового тока – радиус каждого контура, а также расстояния между контурами;

б) для систем прямоугольной формы – высоту, ширину и толщину обмотки контура, а также расстояние между контурами.

Область, в которой необходимо обеспечить требуемую конфигурацию магнитного поля, может находиться:

- а) на оси проектируемого источника;
- б) в плоскости, перпендикулярной оси источника;
- в) в объеме, произвольно заданном в пространстве.

Предлагается распределение магнитного поля задавать в виде набора контрольных точек с известным значением напряженности в них.

Рассмотрим поставленную задачу для случая, в котором контрольные точки располагаются на оси источника магнитного поля (см. рис.1).

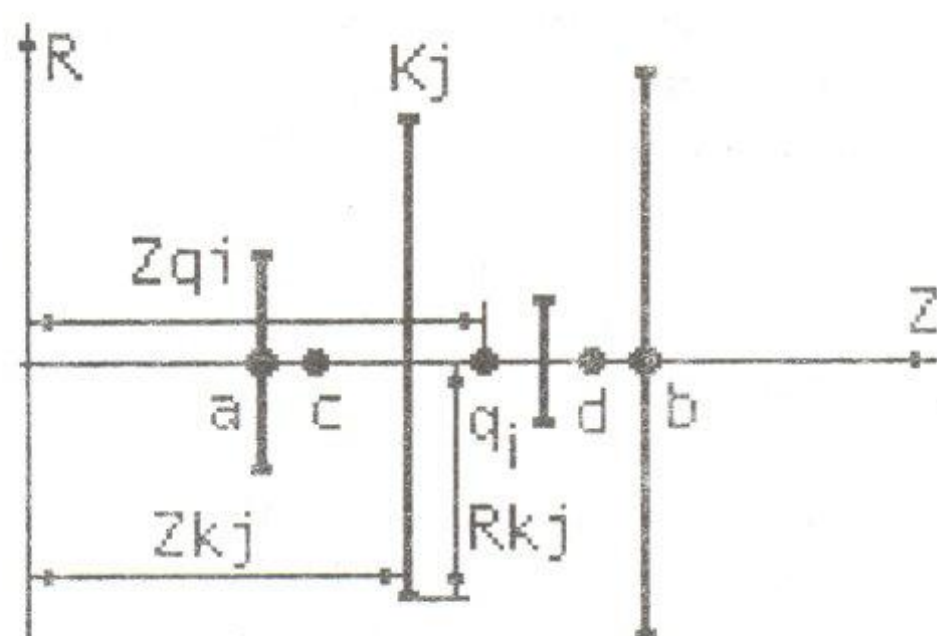


Рисунок 1 – Профиль источника магнитного поля с рабочей зоной, расположенной на оси

где  $a...b$  – интервал, на котором находятся контуры;

$c...d$  – интервал, на котором находятся контрольные точки;

$q_i$  –  $i$ -я контрольная точка,  $Kj$  –  $j$ -й контур.

Для системы кругового тока из  $n$  контуров значение напряженности магнитного поля для любой из контрольных точек описывается выражением

$$H(q_i) = \sum_{j=1}^n \frac{(I\omega)_j}{2} \cdot \frac{R_{kj}^2}{\left(R_{kj}^2 + (Z_{q_i} - Z_{kj})^2\right)^{3/2}},$$

где  $I$  – ток в контуре;  $\omega$  – количество витков в контуре;

$R_{kj}$  – радиус контура;  $Z_{kj}$  –  $z$ -координата контура;

$Z_{q_i}$  –  $z$ -координата контрольной точки, расположенной на оси источника.

Для системы из  $n$  контуров прямоугольной формы значение напряженности магнитного поля для любой из контрольных точек на оси описывается выражением

$$H(q_i) = \sum_{j=1}^n \frac{(I\omega)_j}{l_j} \left[ \arctg\left(\frac{l_j + |Z_{q_i} - Z_{kj}|}{a_j b_j}\right) \sqrt{(l_j + |Z_{q_i} - Z_{kj}|)^2 + a_j^2 + b_j^2} + \right. \\ \left. + \arctg\left(\frac{l_j - |Z_{q_i} - Z_{kj}|}{a_j b_j}\right) \sqrt{(l_j - |Z_{q_i} - Z_{kj}|)^2 + a_j^2 + b_j^2} \right],$$

где  $I$  – ток в контуре;  $\omega$  – количество витков в контуре;

$a_j$  – высота контура;  $b_j$  – ширина контура;  $l_j$  – толщина обмотки;

$Z_{\kappa_j}$  –  $z$ -координата контура;  $Z_{q_i}$  –  $z$ -координата контр. точки.

Для достижения требуемого значения напряженности магнитного поля в  $m$  ( $m \gg n$ ) заданных контрольных точках минимизируется функционал

$$F = \sum_{i=1}^m |H_{\partial} - H_s|^{\gamma} \rightarrow \min,$$

где  $H_{\partial}$  – действительное значение напряженности магнитного поля в контрольной точке;  $H_s$  – требуемое значение напряженности магнитного поля в контрольной точке,  $\gamma = 2, 3, \dots$

Среднестепенная структура функционала является более предпочтительной, так как в отличие от среднеквадратичной не допускает значительной погрешности синтеза в отдельных контрольных точках.

Данная задача является задачей нелинейной оптимизации, причем оптимизируемый функционал имеет многомерный «овражный» характер, что затрудняет поиск оптимума многими из известных стандартных методов.

При разработке предлагаемого программного комплекса реализованы два алгоритма нелинейной оптимизации, которые стабильно дают приемлемые результаты при минимизации функционалов как выпуклой, так и невыпуклой структуры, независимо от размерности оврага.

Алгоритмы верифицировались на тестовых задачах для случаев одномерных и многомерных оврагов, имеющих аналитическое решение, а также на множестве численных экспериментов по моделированию источников магнитного поля с заданными свойствами. Результаты исследований свидетельствуют о достаточно высокой эффективности предлагаемого программного обеспечения.

Для визуализации начальных условий и результатов численных экспериментов в состав комплекса входит графический интерфейс, выполняющий роль препроцессора и постпроцессора (см. рис. 2, 3, 4). Предусмотрена возможность численного и графического сравнения полученного магнитного поля с требуемым.

В ряде случаев требуется синтезировать магнитное устройство в соответствии с заданными требованиями к физическим размерам. Для решения таких задач в состав программного комплекса входит модуль условной оптимизации. Предлагаемые алгоритмы эффективно работают при введении в задачу ограничений на геометрические размеры источника магнитного поля, однако требования к выбору начальной интенсивности поля являются более жесткими по сравнению с безусловной оптимизацией.

Программный комплекс может быть использован для решения задач синтеза устройств, генерирующих магнитное поле в плоскости, перпендикулярной оси источника, а также в заданном объеме, произвольно расположенном в пространстве.

В качестве примера использования комплекса программ рассмотрим задачу синтеза источника однородного магнитного поля с рабочей областью, расположенной на оси. Требуемое значение напряженности магнитного поля 200 А/м. Распределение магнитного поля задается набором контрольных точек, расположенных на расстоянии 1 мм друг от друга. В качестве начального задается источник магнитного поля, состоящий из 9 круговых контуров ( $R=0,02$  м,  $I=0,2$  А,  $\omega=15$  витков), расположенных на расстоянии 0,02 м друг от друга (см. рис. 2).

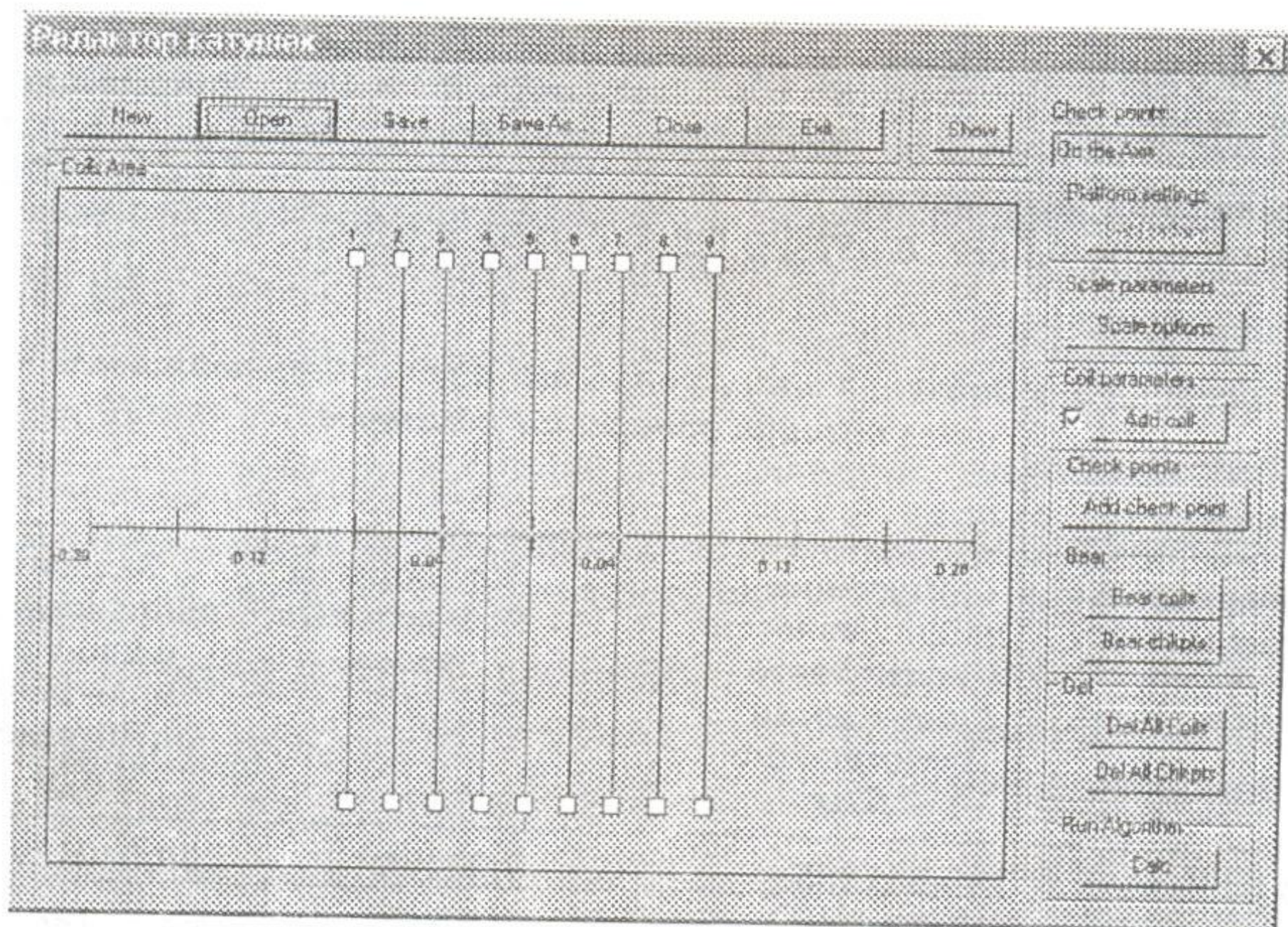


Рисунок 2 – Главное окно программного комплекса после задания начальных условий

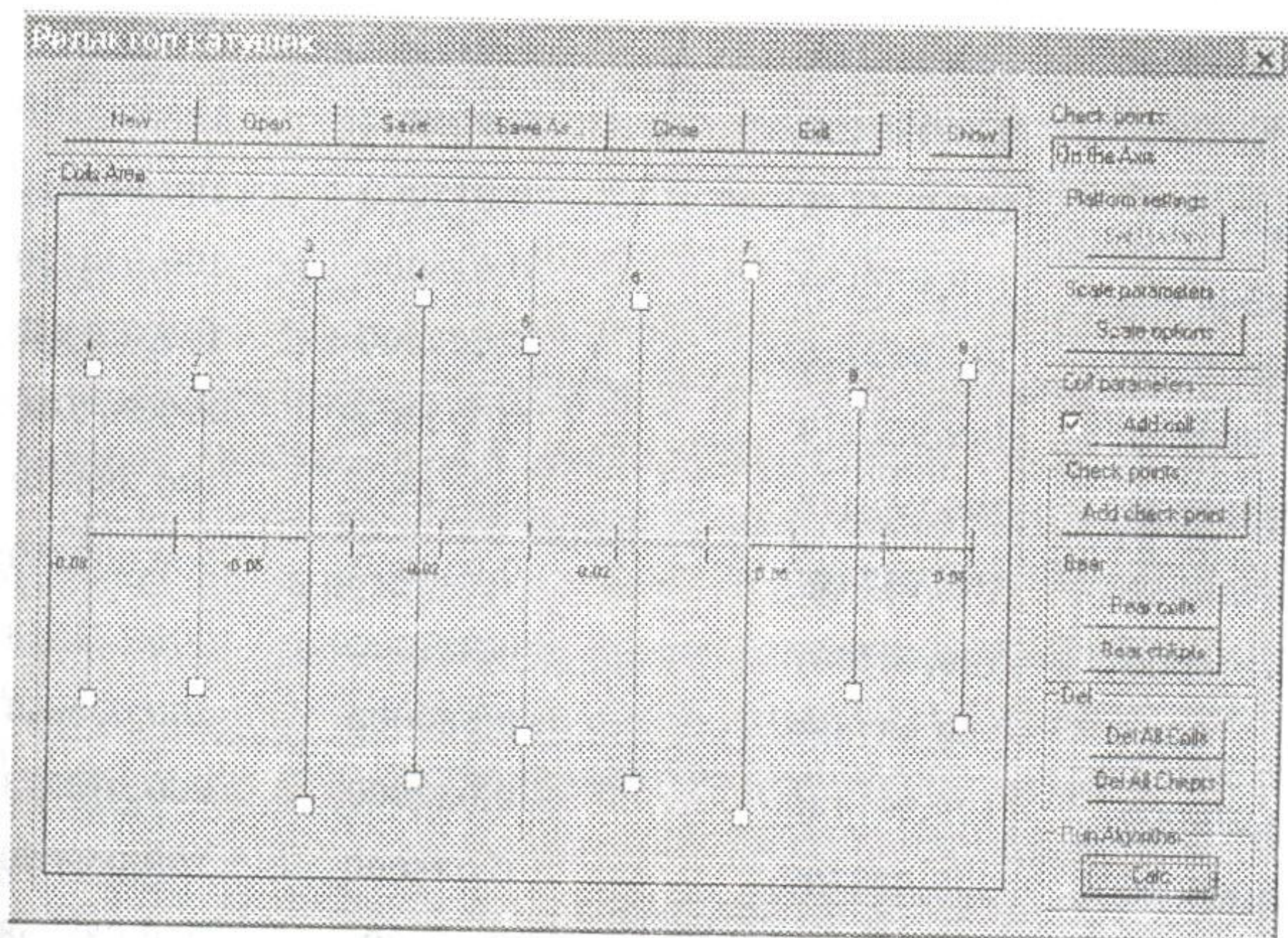


Рисунок 3 – Главное окно программного комплекса после оптимизации радиусами контуров

Выбор оптимальной конфигурации источника производится варьированием радиусами контуров. По окончании процесса поиска оптимального решения с автоматическим масштабированием отображается искомый источник магнитного поля (см. рис. 3). В табл. 1

представлены значения напряженности магнитного поля после оптимизации для каждой 2-й контрольной точки. Максимальная абсолютная погрешность синтеза составила 0,1567(А/м), максимальная относительная погрешность – 0,0783%. Решение:  $R_k = \{0,0225; 0,0162; 0,0295; 0,0277; 0,0267; 0,0278; 0,0295; 0,0160; 0,0225\}$ .

*Таблица 1 – Значения напряженности магнитного поля после оптимизации радиусами контуров*

| Координаты контрольных точек | Значение напряженности магнитного поля после оптимизации А/м | Координаты контрольных точек | Значение напряженности магнитного поля после оптимизации А/м |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| -0,040000                    | 199,881235                                                   | 0,002000                     | 200,040169                                                   |
| -0,038000                    | 199,981530                                                   | 0,004000                     | 200,031230                                                   |
| -0,036000                    | 200,036475                                                   | 0,006000                     | 200,018307                                                   |
| -0,034000                    | 200,058170                                                   | 0,008000                     | 200,002690                                                   |
| -0,032000                    | 200,057120                                                   | 0,010000                     | 199,986024                                                   |
| -0,030000                    | 200,042157                                                   | 0,012000                     | 199,970179                                                   |
| -0,028000                    | 200,020428                                                   | 0,014000                     | 199,957109                                                   |
| -0,026000                    | 199,997446                                                   | 0,016000                     | 199,948671                                                   |
| -0,024000                    | 199,977184                                                   | 0,018000                     | 199,946430                                                   |
| -0,022000                    | 199,962215                                                   | 0,020000                     | 199,951442                                                   |
| -0,020000                    | 199,953879                                                   | 0,022000                     | 199,964036                                                   |
| -0,018000                    | 199,952475                                                   | 0,024000                     | 199,983579                                                   |
| -0,016000                    | 199,957461                                                   | 0,026000                     | 200,008259                                                   |
| -0,014000                    | 199,967667                                                   | 0,028000                     | 200,034873                                                   |
| -0,012000                    | 199,981499                                                   | 0,030000                     | 200,058644                                                   |
| -0,010000                    | 199,997140                                                   | 0,032000                     | 200,073073                                                   |
| -0,008000                    | 200,012727                                                   | 0,034000                     | 200,069839                                                   |
| -0,006000                    | 200,026521                                                   | 0,036000                     | 200,038758                                                   |
| -0,004000                    | 200,037040                                                   | 0,038000                     | 199,967813                                                   |
| -0,002000                    | 200,043175                                                   | 0,040000                     | 199,843259                                                   |
| 0,000000                     | 200,044270                                                   |                              |                                                              |

Данная задача также может быть решена одновременным варьированием радиусами контуров и расстояниями между ними. Результаты синтеза источника магнитного поля таким способом представлены в табл. 2, а профиль полученного источника на рис. 4. Максимальная абсолютная погрешность синтеза составила 1,8082 (А/м), максимальная относительная погрешность – 0,9041%. Решение:  $R_k = \{0,0205; 0,0228; 0,0339; 0,0235; 0,0230; 0,0231; 0,0589; 0,0230; 0,0338\}$ ,  $Z_k = \{-0,1900; -0,0425; -0,0025; -0,0150; 0,0975; 0,0325; 0,0125; 0,0275; 0,0800\}$ .

Таким образом, был синтезирован источник магнитного поля с высокой степенью однородности. В обоих случаях относительная погрешность синтеза не превысила 1%, что свидетельствует о достаточно высокой эффективности реализованных алгоритмов нелинейной оптимизации.

*Таблица 2 – Значения напряженности магнитного поля после оптимизации радиусами контуров и расстояниями между ними*

| Координаты<br>контрольных<br>точек | Значение<br>напряженности<br>магнитного<br>поля после<br>оптимизации<br>А/м | Координаты<br>контрольных<br>точек | Значение<br>напряженности<br>магнитного<br>поля после<br>оптимизации<br>А/м |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| -0,040000                          | 198,877471                                                                  | 0,002000                           | 199,968176                                                                  |
| -0,038000                          | 200,038415                                                                  | 0,004000                           | 199,743930                                                                  |
| -0,036000                          | 200,554592                                                                  | 0,006000                           | 199,541845                                                                  |
| -0,034000                          | 200,619849                                                                  | 0,008000                           | 199,384713                                                                  |
| -0,032000                          | 200,415653                                                                  | 0,010000                           | 199,291276                                                                  |
| -0,030000                          | 200,095204                                                                  | 0,012000                           | 199,274478                                                                  |
| -0,028000                          | 199,774532                                                                  | 0,014000                           | 199,340048                                                                  |
| -0,026000                          | 199,530115                                                                  | 0,016000                           | 199,485498                                                                  |
| -0,024000                          | 199,401582                                                                  | 0,018000                           | 199,699622                                                                  |
| -0,022000                          | 199,397737                                                                  | 0,020000                           | 199,962596                                                                  |
| -0,020000                          | 199,504251                                                                  | 0,022000                           | 200,246765                                                                  |
| -0,018000                          | 199,691730                                                                  | 0,024000                           | 200,518152                                                                  |
| -0,016000                          | 199,923236                                                                  | 0,026000                           | 200,738686                                                                  |
| -0,014000                          | 200,160683                                                                  | 0,028000                           | 200,869031                                                                  |
| -0,012000                          | 200,369827                                                                  | 0,030000                           | 200,871819                                                                  |
| -0,010000                          | 200,523743                                                                  | 0,032000                           | 200,715008                                                                  |
| -0,008000                          | 200,604856                                                                  | 0,034000                           | 200,374981                                                                  |
| -0,006000                          | 200,605672                                                                  | 0,036000                           | 199,839059                                                                  |
| -0,004000                          | 200,528428                                                                  | 0,038000                           | 199,107069                                                                  |
| -0,002000                          | 200,383920                                                                  | 0,040000                           | 198,191798                                                                  |
| 0,000000                           | 200,189741                                                                  |                                    |                                                                             |

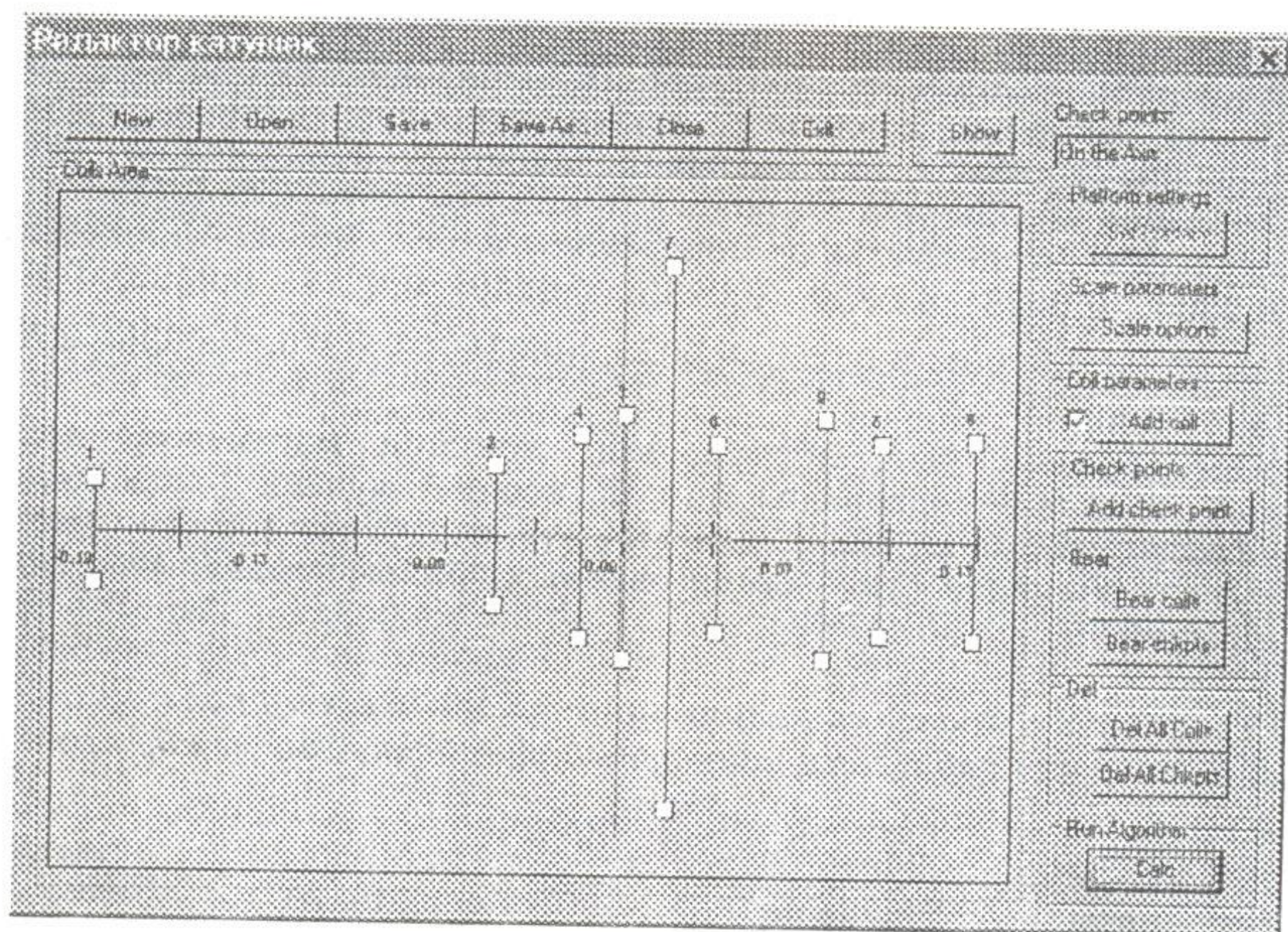


Рисунок 4 – Главное окно программного комплекса после оптимизации радиусами контуров и расстояниями между ними

## SUMMARY

The article is devoted to description of program for solution of problem of synthesis of magnetic field sources with prescribed properties. The synthesis of magnetic field sources with work area located on axis is considered in details. The example of synthesis of homogeneous magnetic field source is presented.

Поступила в редколлегию 23 января 2002г.

Наукове видання

**Вісник Сумського державного університету**  
*Серія*  
*Технічні науки*  
*(Автоматика, електроніка, інформатика)*

Науковий журнал

Редактор Сівцова О.В.  
Комп'ютерна обробка та макетування Панченко І.В.  
Художнє оформлення М'якішев Б.Л.  
Коректори: Сагун М.Я., Мироненко Т.Г.

---

Підписано до друку 18.02.2002. Формат 70x108/16  
Умовн. -друк. арк.7,45. Обл.-вид. арк.7,12.  
Наклад 100 прим. Замовлення № 105  
Видавництво СумДУ. 40007, м.Суми, вул. Р.-Корсакова, 2.  
"Ризоцентр" СумДУ. 40007, м. Суми, вул. Р.-Корсакова, 2.

**Індекс 41448**