

УДК 655.527(073)

Д. М. Медяк¹, Е. О. Прокопчик²¹Белорусский государственный технологический университет²ООО «ТРИЗЕРИ»**РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ
ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАЩИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

В статье описаны параметры, определяющие качество защищенной полиграфической продукции. Указаны основные проблемы полиграфической отрасли Республики Беларусь, определены приоритетные для Республики Беларусь виды деятельности по защите полиграфической продукции. Выбрано направление разработки высокого уровня дизайнерской проработки полиграфической продукции за счет применения графических защит. В качестве защитных дизайнерских элементов взяты гильошные элементы. Проведен обзор существующих программных разработок, предназначенных для создания гильошных элементов различного вида. Выявлены ограничения их возможностей. В статье предлагается создавать гильошные элементы с помощью стандартного модуля создания внутренних макросов на языке Visual Basic графического пакета CorelDraw. В основу математической зависимости для описания гильошного элемента положено параметрическое уравнение окружности. Данное уравнение дополнялось функцией синуса, уравнением вспомогательной окружности, использованием знака модуля, линейным изменением радиуса основной окружности. Каждый элемент имеет ряд настраиваемых параметров, поэтому были определены основные особенности подбора параметров для получения интересных и геометрически правильных результатов. Полученные функции позволили построить образцы розеток, бордюров, рамок. Созданные таким образом гильошные элементы могут использоваться для защиты и декорирования внутрифирменных ценных бумаг.

Ключевые слова: защищенная полиграфическая продукция, гильошные элементы, уравнение окружности, розетка, бордюр, рамка.

D. M. Medyak¹, Ye. O. Prokopchik²¹Belarusian State Technological University²LLC "TRIZERI"**FUNCTIONAL DEPENDENCIES DEVELOPMENT
FOR CREATION GRAPHIC PROTECTIVE ELEMENTS**

The article describes the parameters that determine the quality of protected polygraphic products. The main problems of the printing industry of the Republic of Belarus are indicated, priority activities for the protection of polygraphic products are identified for the Republic of Belarus. The direction of development of a high level design development of polygraphic products due to application of graphic protections is chosen. As protective design elements are taken guilloche elements. The review of the existing software developments intended for the creation of various types guilloche elements is carried out. The limitations of their capabilities are revealed. The article proposes to create guilloche elements using the standard module for creating internal macros in the Visual Basic language of the CorelDraw graphics package. The parametric equation of the circle is based on the mathematical dependence for the description of the guilloche element. This equation was supplemented by the function of the sine, the equation of the auxiliary circle, the use of the module sign, a linear change in the radius of the fundamental circle. Each element has a number of configurable parameters, so the main features of parameters selection for obtaining interesting and geometrically correct results were determined. The received functions allowed to build samples of sockets, borders, frames. The guilloche elements thus obtained can be used to protect and decorate intercompany securities.

Key words: protected polygraphic products, guilloche elements, circle equation, rosette, border, frame.

Введение. В современном документообороте Республики Беларусь находится свыше тысячи различных ценных бумаг, бланков и документов. Практически все используемые на территории республики ценные бумаги (кроме банкнот) изготавливаются предпри-

ятиями республики, имеющими соответствующую лицензию [1].

Обеспечение необходимой и достаточной защиты ценных бумаг и документов является одной из важных государственных задач, направленной на поддержание национальной и

экономической безопасности государства. Однако полиграфическая продукция, наряду с высокой степенью защищенности, должна обладать определенным эстетическим качеством, износостойкостью, надежной технологичностью в процессе производства и возможностями для воспроизводства при повторной печати. Таким образом, качество продукции состоит из пяти параметров:

- внешний вид;
- качество основы для печати;
- качество печатных материалов;
- качество полиграфической технологии;
- эффективность защиты от подделки.

Однако достижение необходимого уровня выполнения всех этих условий с использованием только собственной производственной базы в Республике Беларусь на сегодняшний день затруднено, так как нет собственного производства полиграфических красок и специального полиграфического оборудования.

Поэтому приоритетными на территории республики являются следующие виды деятельности по защите полиграфической продукции: создание высокого уровня дизайнерской проработки полиграфической продукции, применение мирового опыта в области разработки средств защиты, использование научно-технического потенциала республики для создания средств защиты для собственного потребления и организации оперативной технической идентификации подлинности защищенной продукции [1].

В данной статье рассматривается направление разработки высокого уровня дизайнерской проработки полиграфической продукции с помощью стандартного модуля графического пакета CorelDraw. В качестве защитных дизайнерских элементов взяты гильошные элементы.

Гильошные (или гильоширные) элементы — это сложные геометрические изображения в виде разноцветных пересекающихся линий тонкой графики, заданных математическими формулами. Гильошные элементы могут иметь вид розеток, виньеток, бордюров, рамок, уголков и других элементов [2].

Изначально искусство гильоша возникло как техника ручного гравирования с применением специальных гильошировальных машин и использовалась для декорирования металлических изделий: часов, ювелирных, канцелярских и других изделий. Гравирование на печатных формах позволило воспроизводить узоры на бумаге [3].

Принцип работы графической защиты гильошными элементами основан на эффекте искажения, разрушения или исчезновения элементов тонкой графики при попытке цифрового копи-

рования документа или, наоборот, проявления скрытых изображений в элементах тонкой графики (в случае гильошных элементов это может быть возникновение заметного муара) [4].

При попытке прямой подделки гильошного элемента защитная функция заключается в его сложности, препятствующей восстановлению и увеличивающей трудоемкость данной операции [3].

Количество и разнообразие гильошных элементов, так же как и их геометрическая структура и дизайн, для конкретного изделия не регламентируются. Однако большое количество гильошных элементов в пределах одного полиграфического изделия не увеличивает защищенность продукта, но делает контроль подлинности затруднительным и трудоемким. Более эффективны локально позиционированные максимально сложные гильошные элементы, репродуцирование и копирование которых может вызвать затруднения. Результаты исследований, которые подтверждают данный факт, представлены в публикации [5].

При оформлении полиграфической продукции рекомендуется использовать сочетание негативных и позитивных линий в рисунке гильоша. Также при формировании гильошного дизайна следует учитывать возможность создания клиентского гильошного орнамента, который предполагает индивидуальное исполнение защитного изображения для конкретного клиента и для конкретного продукта. В этом случае примененные элементы защиты являются уникальными и не подлежат использованию при изготовлении продукции других заказчиков [6].

Основная часть. На сегодняшний день существует ряд программных разработок от простых бесплатных приложений до дорогих специализированных программ, позволяющих создавать гильошные элементы различного вида: ROSETTE, Oberon Securi Design, Security Soft GLISSANDO и др. Однако анализ их возможностей позволяет сделать следующие выводы: простые бесплатные приложения (ROSETTE), как правило, с доступным интерфейсом позволяют создавать только несложные элементы; дорогие продукты (Security Soft GLISSANDO) имеют широкий функционал, однако высокая стоимость и отсутствие демоверсий не позволяет в полной мере оценить их возможности без производственной необходимости.

В данной работе для создания гильошных элементов предлагается использовать стандартный дизайнерский пакет для обработки векторной графики CorelDraw и возможность создания внутренних макросов на языке Visual Basic. Разработанные функции могут быть запрограммированы на любом другом языке и

использованы в различных пакетах, работающих с графикой.

Для получения функции, позволяющей создавать достаточно сложные фигуры, имеющие вид гильошей, было взято за основу параметрическое уравнение окружности, в котором параметр $t \in [0; 2\pi]$ [7]:

$$\begin{cases} x = \sin(t), \\ y = \cos(t). \end{cases} \quad (1)$$

Данная окружность являлась базовым элементом, далее ее форма усложнялась так, чтобы радиус изменялся периодически с заданным отклонением от начального значения. Наиболее удобной для задания периодики является функция синуса, так как при нулевом значении отклонения радиуса в уравнении остается исходное значение радиуса: если $n_r = 0$, то $R(t) = R_0$, таким образом, для ликвидации этого усложнения достаточно задать $n_r = 0$. Итоговое уравнение имеет вид

$$\begin{cases} f_1(t) = R(t) \cdot \sin(n_{1b} \cdot t), \\ f_2(t) = R(t) \cdot \cos(n_{1b} \cdot t), \\ R(t) = R_0 + R_b \cdot \sin(n_r \cdot t). \end{cases} \quad (2)$$

Вариант кривой, описываемой зависимостью (2), приведен на рис. 1.

Вторым вариантом усложнения уравнения окружности (1) является «добавление» к ней вспомогательной окружности. Математически это выражается включением еще одного уравнения окружности с другими параметрами, что приводит к получению зависимости следующего вида:

$$\begin{cases} f_1(t) = R_1 \cdot \sin(n_{1b} \cdot t) + R_2 \cdot \sin(n_{2b} \cdot t), \\ f_2(t) = R_1 \cdot \cos(n_{1b} \cdot t) + R_2 \cdot \cos(n_{2b} \cdot t). \end{cases} \quad (3)$$

Вариант кривой, описываемой зависимостью (3), представлен на рис. 2.

Таким образом, в будущей гильошной фигуре были сформированы следующие элементы. Основная окружность — это окружность с центром в точке O_1 , радиусом R_1 и с частотой вращения n_1 . Вспомогательные окружности — это дополнительные окружности с центрами O_2 , находящимися на основной окружности, радиусами R_2 и с частотой вращения n_2 . Причем основная окружность имеет, как правило, радиус больший, чем вспомогательные. Таким образом, точка, рисующая кривую, будет двигаться по вспомогательной окружности, которая, в свою очередь, будет двигаться по основной окружности (рис. 3).

При выборе значений параметров основной и вспомогательных окружностей следует учитывать следующие особенности. При отрица-

тельных значениях параметров n_2 и n_1 получается несогласованное вращение окружностей (рис. 2), при положительных — согласованное (рис. 3). Дробные значения частот использовать нецелесообразно, так как в этом случае кривая становится незамкнутой (при $t \in [0; 2\pi]$). Также если частное от деления большой частоты на меньшую — это целое число, не равное единице, то при рисовании кривая будет накладываться сама на себя. В результате чего не будет происходить усложнения вида фигуры, однако увеличится время создания изображения.

Дальнейшее развитие функции заключалось в объединении выражений (2) и (3):

$$\begin{cases} f_1(t) = R_1(t) \cdot \sin(n_{1b} \cdot t) + R_2 \cdot \sin(n_{2b} \cdot t), \\ f_2(t) = R_1(t) \cdot \cos(n_{1b} \cdot t) + R_2 \cdot \cos(n_{2b} \cdot t), \\ R_1(t) = R_0 + R_b \cdot \sin(n_r \cdot t). \end{cases} \quad (4)$$

Графически сочетание данных эффектов представляет собой одновременное изменение радиуса основной окружности и добавление вспомогательных окружностей (рис. 4).

В окончательном выражении функции эффект периодического искажения радиуса (2) был применен дважды к основной окружности и один раз к вспомогательной окружности. Причем было выявлено, что рационально использовать $R_1 > R_2$, так как для меньшей окружности результат даже единожды примененного искривления мало предсказуем. Для большей же окружности такое преобразование позволяет добиться колебаний на большой и на малой частоте.

В результате выражение, применимое для построения фигур гильошного типа различной сложности, приобрело вид (5):

$$\begin{cases} f_1(t) = x_b + R_1 \cdot \sin(\omega_{1b} \cdot t) + R_2 \cdot \sin(\omega_{2b} \cdot t), \\ f_2(t) = y_b + R_1 \cdot \cos(\omega_{1b} \cdot t) + R_2 \cdot \cos(\omega_{2b} \cdot t), \\ R_1 = R_1(t) = R_{1b} + R_{1m1} \cdot \sin(\omega_{1m1} \cdot t) + R_{1m2} \times \\ \times \cos(\omega_{1m2} \cdot t), \\ R_2 = R_2(t) = R_{2b} + R_{2m} \cdot \cos(\omega_{2m} \cdot t). \end{cases} \quad (5)$$

Полученная функция использовалась для создания различных гильошных элементов: розеток, бордюров, рамок.

Розетка — орнаментальный мотив в виде круглого стилизованного изображения цветка с одинаковыми лепестками. Розетка получается при использовании функции (5) с постоянными значениями параметров x_b, y_b . Примеры разработанных розеток представлены на рис. 5.

Бордюр — орнамент в виде полосы, состоящий из одного и того же повторяющегося элемента и использующийся как украшение по краям полосы издания.

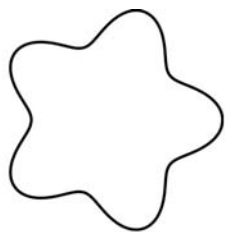


Рис. 1. Вид фигуры при искажении основной окружности

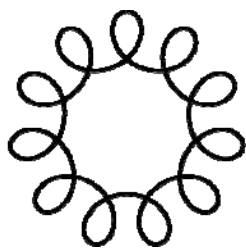


Рис. 2. Вид фигуры при добавлении вспомогательных окружностей

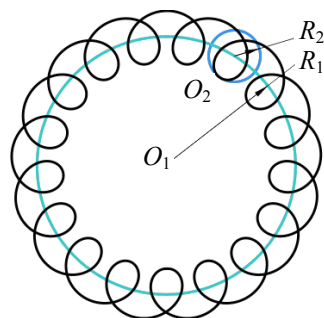


Рис. 3. Центры и радиусы основной и вспомогательных окружностей

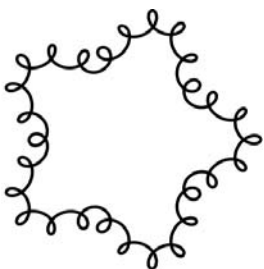


Рис. 4. Вид фигуры при сочетании эффектов рис. 1 и 2

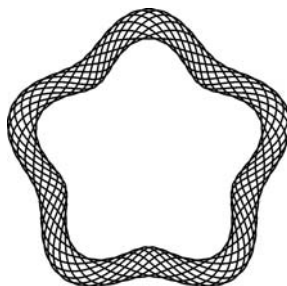


Рис. 5. Образцы розеток

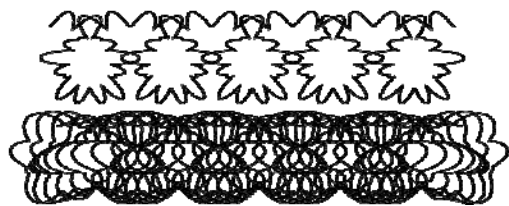
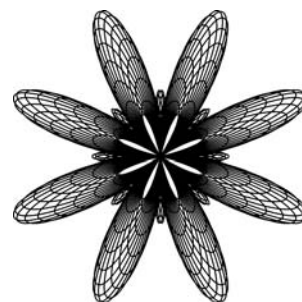


Рис. 6. Образцы бордюров

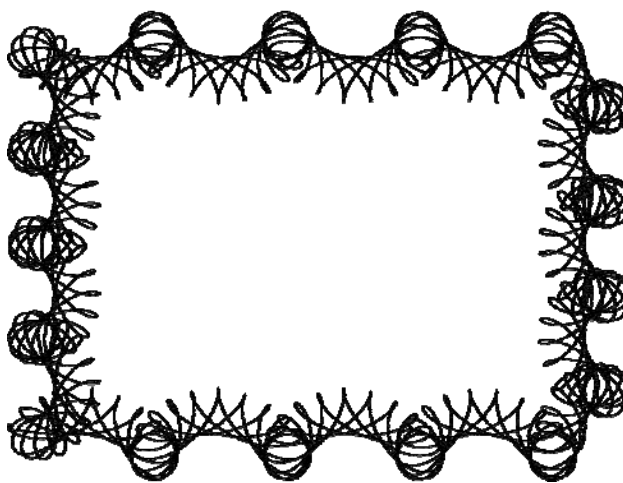


Рис. 7. Образец рамки

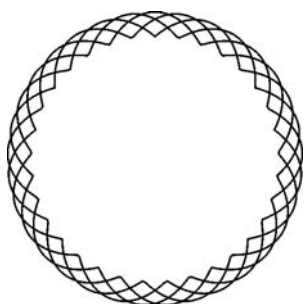


Рис. 8. Образец модифицированной розетки

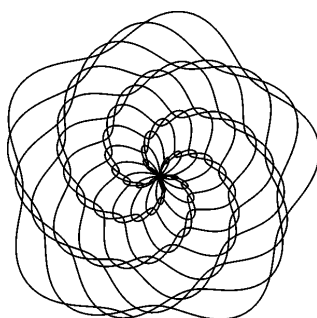
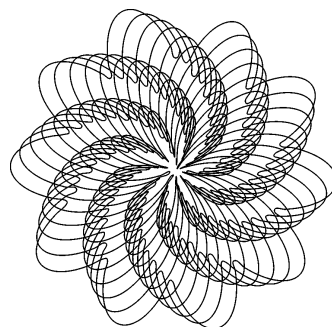


Рис. 9. Образцы спиральных розеток



При построении бордюров также использовалось выражение (5), но с изменяющимся параметром x_b : $x_b = x_b(t) = x_{bb} + a \cdot t$. Таким образом, было задано равномерное движение центра основной окружности вдоль оси Ox . Примеры полученных бордюров представлены на рис. 6.

Рамка — средство декора, служащее для обрамления композиции документа, создания замкнутого поля, внутри которого расположены тексты и другие элементы оформления.

Для создания узора рамки было задано движение центра основной окружности по определенной замкнутой траектории. Так как чаще всего используются прямоугольные рамки, то в работе траектория движения представляла собой прямоугольник.

Более сложный рисунок рамки можно получить при прохождении центром нескольких полных оборотов по заданной траектории, образец полученной рамки приведен на рис. 7.

Для создания гильошных элементов со сложной и интересной геометрией можно использовать различные модификации рабочей функции (5). Например, для предотвращения прохождения кривой центра розетки использовать модуль, тогда на кривой появляются угло-

вые узлы, создающие лепестковые элементы (рис. 8). Кроме того, можно задать линейное изменение радиуса основной окружности R_1 во времени, тогда в фигуре образуется незамкнутая спиральная кривая (рис. 9). Возможны и другие модификации основной рабочей функции (5), которые позволят создавать разнообразные фигуры гильошного типа.

Заключение. В работе представлены функции, позволяющие создавать гильошные элементы различного вида и сложности. Базовыми элементами создаваемых фигур являются основная и дополнительные окружности, имеющие ряд настраиваемых параметров. Кроме того, к данным элементам возможно применение дополнительных искажений, усложняющих конечную форму объекта. Изложены основные особенности подбора параметров для работы с полученной функцией. В качестве гильошных элементов путем подбора оптимального сочетания значений переменных созданы различные варианты розеток, бордюров и рамок, которые могут использоваться для защиты и декорирования ценных бумаг. Также представлены модификации рабочей функции и результаты ее работы.

Литература

1. Корочкин Л. С. Способы защиты и идентификации ценных бумаг. Минск: Криптотех, 2003. 114 с.
2. Медяк Д. М., Кулак М. И. Защита полиграфической продукции. Минск: БГТУ, 2013. 86 с.
3. Маресин В. М. Защищенная полиграфия: справочник. М.: ФЛИНТА, 2014. 640 с.
4. Корочкин Л. С. Материалы и методы защиты специальных бумаг и документов от подделки. Минск: Криптотех, 2001. 264 с.
5. Прокопчик Е. О., Медяк Д. М. Исследование надежности графических защит для пользовательских целей // 61-я науч.-техн. конф. студентов и магистрантов: сб. науч. работ, Минск, 19–25 апр. 2010 г.: в 4 ч. / Белорус. гос. технол. ун-т. Минск, 2010. Ч. 4. С. 123–125.
6. Коншин А. А. Защита полиграфической продукции от фальсификации. М.: Синус, 2000. 160 с.
7. Воднев В. Т., Наумович А. Ф., Наумович Н. Ф. Основные математические формулы: справочник. Минск: Выш. шк., 1988. 269 с.

References

1. Korochkin L. S. *Sposoby zashchity i identifikatsii tsennykh bumag* [Methods of protection and identification of securities]. Minsk, Kriptotekh Publ., 2003. 114 p.
2. Medyak D. M., Kulak M. I. *Zashchita poligraficheskoy produktsii* [Protection of polygraphic products]. Minsk, BG TU Publ., 2013. 86 p.
3. Maresin V. M. *Zashchishchennaya poligrafiya: spravochnik* [Protected polygraphy: desk book]. Moscow, FLINTA Publ., 2014. 640 p.
4. Korochkin L. S. *Materialy i metody zashchity spetsial'nykh bumag i dokumentov ot poddelki* [Materials and methods of protection of special papers and documents from forgery]. Minsk, Kriptotekh, 2001. 264 p.
5. Prokopchik E. O., Medyak D. M. A study of the reliability of graphical protections for user purposes, *Sbornik nauchnykh rabot 61-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov i magistrantov: v 4 ch.* [A collection of scientific papers of 61st scientific and technical conference of students and undergraduates: in 4 parts]. Minsk, 2010, part 4, pp. 123–125 (In Russian).
6. Konshin A. A. *Zashchita poligraficheskoy produktsii ot fal'sifikatsii* [Protection of printed products from falsification]. Moscow, Sinus Publ., 2000. 160 p.

7. Vodnev V. T., Naumovich A. F., Naumovich N. F. *Osnovnyye matematicheskiye formuly: spravochnik* [Basic mathematical formulas: desk book]. Minsk, Vysheyshaya shkola Publ., 1988. 269 p.

Информация об авторах

Медяк Диана Михайловна — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: medyak@belstu.by

Прокопчик Евгений Олегович — фронтенд-разработчик, ООО «ТРИЗЕРИ» (220005, г. Минск, ул. Платонова, 31б, Республика Беларусь). E-mail: ontrew@gmail.com

Information about the authors

Medyak Diana Mikhaylovna — PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: medyak@belstu.by

Prokopchik Yevgeniy Olegovich — frontend-developer, LLC "TRIZERI" (31b, Platonova str., 220005, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ontrew@gmail.com

Поступила 17.06.2017