

УДК 655.26

**А. С. Кузьма, С. В. Сипайло**

Белорусский государственный технологический университет

**СИСТЕМАТИЗАЦИЯ И ТИПИЗАЦИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ  
ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ИХ СОЗДАНИЯ  
НА СТАДИИ ДОПЕЧАТНОЙ ПОДГОТОВКИ**

В статье выполнена систематизация и типизация декоративных узоров в рамках решения задачи компьютерного синтеза изображений для оформления печатной продукции.

Приведена классификация изображений по различным признакам. Сделан вывод об актуальности автоматизации процесса создания декоративных узоров, т. к. использование стандартных инструментов графических программ требует большого количества ручных действий. При этом декоративные изображения имеют упорядоченный характер, а форма изобразительных элементов поддается математическому описанию.

Выполнена типизация элементов декоративных узоров по геометрической форме. Для описания формы базовых элементов абстрактных узоров выделен перечень математических функций, заданных в явном и параметрическом виде. Также выполнена типизация формы декоративных элементов в соответствии с очертаниями зрительных образов, часто встречающихся в составе декоративных узоров. Выделены типовые базовые элементы узоров и их устойчивые композиционные сочетания. Для каждого типового элемента и их композиционных сочетаний установлен перечень параметров, на основе значений которых можно однозначно воспроизвести конкретный вариант графического объекта. Также выделены характерные типы симметрических преобразований, в результате применения которых к фрагменту узора можно получить более сложный симметричный объект. Для каждого типа преобразований определен перечень количественных и качественных параметров. Это позволяет однозначно охарактеризовать цепочку преобразований, необходимых для создания симметричной фигуры на основе базового графического элемента.

**Ключевые слова:** декоративные узоры, типизация по форме, симметрия, синтез изображений.

**A. S. Kuz'ma, S. U. Sipaila**

Belarusian State Technological University

**SYSTEMATIZATION AND TYPIFICATION OF DECORATIVE IMAGES  
TO AUTOMATE THE PROCESS OF THEIR CREATION  
AT THE PREPRESS STAGE**

The article made systematization and typification of decorative tracteries in the framework of solving the problem of computer-aided image synthesis for the design of printed products.

The classification of images according to various characteristics is given. The conclusion is made about the relevance of automating the process of creating decorative tracteries, since the use of standard graphics program tools requires a large amount of manual actions. At the same time, decorative images are ordered, and the form of graphic elements lends itself to a mathematical description.

The typification of elements of decorative tracteries by geometric shape is made. To describe the shape of the basic elements of abstract tracteries, a list of mathematical functions defined in explicit and parametric form is selected. Also made typification of the shape of decorative elements in accordance with the outlines of visual images, which are often found in the composition of decorative tracteries. Typical basic elements of tracteries and their stable compositional combinations are highlighted. For each typical element and their compositional combinations, a list of parameters is determined, based on the values of which a specific version of the graphic object can be definitely reproduced. In addition, the characteristic types of symmetric transformations are highlighted, applying which to a tracery fragment, you can get a more complex symmetric object. For each type of transformation, a list of quantitative and qualitative parameters is determined. This allows us to definitely characterize the sequence of transformations required to create a symmetric shape based on the basic graphic element.

**Key words:** decorative tracteries, typification by shape, symmetry, image synthesis.

**Введение.** Первым этапом создания полиграфической продукции, во многом определяющим итоговый результат, является разработка дизайна. На сегодняшний день в дизайне полиграфической продукции широко используются различные типы изображений.

С точки зрения целевого назначения можно выделить поясняющие, дополняющие и декоративные изображения.

По способу отражения действительности различают изображения художественно-образные и научно-познавательные. В художествен-

но-образных изображениях мир отображается через художественный образ (фотографию, картину, зарисовку).

По способу получения изображения могут быть фотографическими либо выполненными с помощью тех или иных графических средств (карандашом, тушью, инструментами компьютерной графики и т. д.). Фотографии обладают наибольшей степенью внешней близости к отображаемой действительности. Изображения второго типа (рисунок, чертеж, схему, диаграмму и т. д.) часто называют графическими или более кратко — графикой [1].

В свою очередь, графические изображения по назначению можно подразделить на следующие виды.

1. Художественная графика. Это произвольно нарисованное изображение, которое решает задачи образного раскрытия литературного текста. Примером данного вида служат детские иллюстрации.

2. Декоративная графика. В ее задачу входит графическое оформление полиграфической продукции. Помимо чисто декоративной, данный вид графики может выполнять защитную функцию, затрудняя воспроизведение печатной продукции третьими лицами. В качестве примера можно выделить декоративные узоры, которые используются в дизайне книжных изданий, театральных программ, пригласительных билетов, почетных грамот, буклетов для туристов, ресторанных меню, открыток, конвертов, бланков и т. д.

3. Деловая графика. Она предназначена для наглядного представления различных показателей работы учреждений (плановых показателей, статистических сводок и т. п.). Программные средства деловой графики включаются в состав электронных таблиц.

4. Инженерная графика — плоские изображения (проекция, сечения) и пространственные трехмерные изображения деталей, конструкций, машин и др.

5. Научная графика. Данный вид графики наглядно иллюстрирует объекты научных исследований, графическую обработку результатов расчетов, проведенные вычислительные эксперименты.

Художественную и декоративную графику можно тесно связать с книжным и прикладным графическим искусством. В настоящее время многие дизайнеры и художники-оформители активно применяют в своей работе компьютерные технологии. С их использованием работа художников стала более производительной, а также расширились их оформительские возможности. По мере того как традиционное искусство все больше перемещается в электронную сферу, границы между графическим дизайном и допечат-

ной подготовкой как техническим процессом стираются. И дизайнеры, и технические специалисты в области допечатной подготовки используют аналогичное оборудование и программы.

Для создания декоративных узоров в цифровом виде, как правило, используются программные средства векторной графики. В частности, широкое распространение получили редакторы векторной графики CorelDRAW и Adobe Illustrator. Процесс создания декоративных узоров стандартными инструментами этих программ требует от дизайнера большого количества ручных действий и занимает достаточно много времени. При этом декоративные изображения, в отличие от художественной графики, часто имеют упорядоченный характер, а в их составе можно выделить элементы с четко выраженными границами криволинейной формы. Следовательно, такие изображения поддаются формализованному описанию, что создает предпосылки для автоматизации процесса создания декоративных узоров в компьютерных системах. Первым шагом для выполнения формализованного описания является систематизация и типизация декоративных изображений по ключевым признакам.

**Основная часть. Классификация декоративных узоров.** Декоративные узоры могут отличаться по своей форме и содержанию в зависимости от оформляемой продукции и задачи, стоящей перед графическим дизайнером. Декоративный узор, построенный на ритмическом чередовании и организованном расположении элементов, можно назвать орнаментом. Ритмическая повторяемость мотивов, а также подчинение узора назначению, размерам и форме декорируемого предмета являются важнейшими признаками орнамента. Такое мнение можно встретить в трудах русского этнографа Иванова С. В., армянского искусствоведа Тараян З. Р. и российского книжного дизайнера Дубины Н. [2–4].

В работе [4] по содержанию узора, т. е. характеру орнаментальных мотивов, выделяют следующие разновидности орнаментов.

1. Геометрический орнамент, состоящий из линий и геометрических фигур.

2. Природный орнамент, состоящий из изображений животных и растений.

3. Предметный орнамент, отображающий материальные предметы.

4. Орнамент, образованный из символов и эмблем.

5. Смешанный орнамент, состоящий из нескольких групп.

Фокина Л. В. в учебном пособии «Орнамент» [5] предложила все орнаментальные рисунки по их изобразительным возможностям подразделить на три вида:

1. Орнамент изобразительный, включающий в себя стилизованный рисунок человека, животных, растений, пейзажные или архитектурные мотивы, рисунок предметов неживой природы или сложную эмблему.

2. Орнамент неизобразительный (геометрический), образованный из геометрических элементов, абстрактных форм, лишенных конкретного предметного содержания.

3. Комбинированный орнамент, представляющий собой сочетание изобразительных мотивов или отдельных элементов, с одной стороны, и абстрактных форм — с другой.

Таким образом, узоры можно разделить на изобразительные, геометрические и комбинированные.

В узорах так называемой «изобразительной» группы часто встречаются растительные мотивы. Наиболее распространенными из них с древнейших времен являются лотос (плодородие и бессмертие), пальма (символ мира и победы), лист и завиток аканта, лавр (очищение), хмель, виноградная лоза, плющ, дуб (сила и могущество), цветы. Также распространены животные образы: лев, тигр, бык, слон, лошадь, гриф, орел, дельфин и др. [5].

Сложный геометрический узор состоит из простейших геометрических элементов правильной или неправильной формы.

Самым простым элементом является точка, которая мало что значит сама по себе, но при ее ритмическом повторении можно добиться интересного декоративного эффекта.

Наиболее точно передает характер очертаний любой формы линия, выступая основным формообразующим элементом декоративного изображения. В укрупненном рассмотрении многообразия форм узоров можно представить сочетанием трех типов линий [5]:

1) прямые (вертикальные, горизонтальные, наклонные);

2) кривые с постоянным радиусом кривизны (окружности и их дуги);

3) кривые с переменным радиусом кривизны (параболы, гиперболы и т. д.).

Эти линии являются первичными (базовыми) элементами для образования более сложных узоров.

Также в составе геометрических узоров можно выделить такие фигуры, как квадрат, прямоугольник, ромб, многоугольник, окружность, спираль и т. д. Эти элементы могут не только иметь абстрактный характер, но и нести в себе определенный смысл. К примеру, спираль означает символическое изображение истории развития мира. Круг или окружность считается одной из самых совершенных и законченных форм. Линии с переменным радиусом кривизны несут в себе динамичность, напряженность, неравномер-

ность и активное движение (нарастающее и убывающее). Особенно сильно способны выразить динамичность ломаные линии с острыми углами — так называемые молниеобразные. Мотивом «бегущая волна» в древности пользовались как символом непостоянства жизни [5].

Для многих декоративных узоров характерно такое свойство, как симметрия. Симметрия характеризует способность фигуры совмещаться с самой собой в результате проведения определенных преобразований, называемых симметрическими [6]. Симметричный узор можно считать упорядоченной системой, состоящей из элементов более простой формы — базовых элементов. С помощью базового элемента можно формировать новые узоры, используя характерные симметрические преобразования.

В научной литературе по теории симметрии [6–8], двумерные изображения, в том числе орнаментальные узоры, разделены на три большие группы: розетки (рис. 1, а), бордюры (рис. 1, б) и сетчатые орнаменты (рис. 1, в).

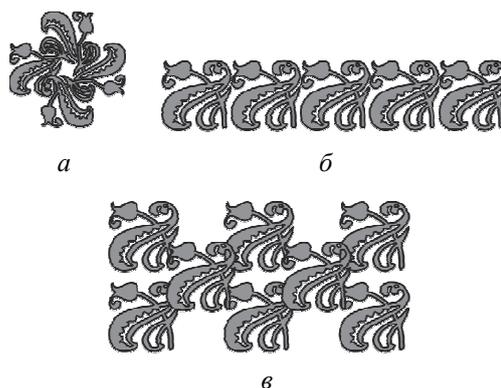


Рис. 1. Примеры симметричных узоров:  
а — розетки; б — бордюры;  
в — сетчатые орнаменты

Розетки относятся к классу конечных фигур. Это означает, что розетки имеют хотя бы одну неэквивалентную с точки зрения симметрии точку (так называемую «особенную» точку). Для розеток характерна зеркальная и поворотная симметрия, а также их сочетание.

Бордюры и сетчатые орнаменты относятся к бесконечным фигурам, которые не имеют особых точек. Для бордюров неотъемлемым симметрическим преобразованием является параллельный перенос изобразительного элемента в одном направлении, а для сетчатых орнаментов — в двух направлениях.

Таким образом, выделяют следующие классические виды симметрии двумерных изображений: зеркальная, поворотная, комбинированная симметрия конечных фигур (розеток) и переносная (трансляционная) симметрия бесконечных фигур (бордюров и сеток).



Рис. 2. Примеры графических элементов, описываемых математическими функциями:  
 $a$  — описание вида  $y = f(x)$ ;  $b$  — описание вида  $x = f_x(t)$ ,  $y = f_y(t)$

**Типизация декоративных элементов по геометрической форме.** Как уже отмечалось выше, самый сложный геометрический узор (мотив) состоит из более простых элементов определенной формы. Этот простой геометрический элемент (базовый элемент) можно использовать для синтеза симметричного узора путем выполнения симметрических преобразований. Форма базового элемента в декоративных узорах соответствует как простым геометрическим фигурам (отрезок, эллипс, прямоугольник и т. п.), так и более сложным криволинейным объектам. Последние могут иметь абстрактную форму, описываемую с помощью различных математических функций, или же иметь форму, соответствующую зрительному образу определенного материального объекта (форму цветка, колокольчика, капли и т. п.).

В случае решения задачи синтеза абстрактных криволинейных узоров, базовый элемент может описываться математическими функциями в явном и параметрическом виде.

Математическая функция в явном виде представляет собой соответствие вида  $y = f(x)$  между переменными величинами, в силу которого каждому рассматриваемому значению некоторой переменной величины  $x$  соответствует определенное значение другой переменной величины  $y$ .

Для создания криволинейного базового элемента можно использовать следующие математические функции [9].

1. Квадратичная функция (парабола):

$$y = ax^2 + bx + c, \quad (1)$$

где  $a$ ,  $b$  и  $c$  — некоторые постоянные, причем  $a \neq 0$ .

В зависимости от значения константы  $a$  ветви параболы могут быть направлены вверх ( $a > 0$ ) или вниз ( $a < 0$ ).

2. Обратная пропорциональная функция (гипербола):

$$y = k/x, \quad (2)$$

где  $k$  — некоторая постоянная.

3. Кубическая функция:

$$y = ax^3 + b, \quad (3)$$

где  $a$  и  $b$  — некоторые постоянные величины, причем  $a \neq 0$ .

4. Тригонометрические функции. Можно выделить следующие основные тригонометрические функции:

$$\begin{aligned} y &= a \sin(x + b); y = a \cos(x + b); \\ y &= a \operatorname{tg}(x + b); y = a \operatorname{ctg}(x + b). \end{aligned} \quad (4)$$

5. Логарифмическая функция. Функция задается формулой

$$y = k \log_a(x + b), \quad (5)$$

причем  $0 < a \neq 1$ .

Функция может быть возрастающей или убывающей, в зависимости от того, больше или меньше единицы число  $a$ .

Примеры базовых графических элементов, форма которых соответствует функциям (1)–(5), приведены на рис. 2,  $a$ .

Криволинейный контур для абстрактных симметричных узоров, который описывается функцией вида  $y = f(x)$ , имеет свои ограничения [10]. В частности, функция вида  $y = f(x)$  не позволяет описать криволинейные фигуры, имеющие несколько точек при одном и том же значении аргумента  $x$ .

Это могут быть замкнутые контуры различной формы, спирали и др. Для описания таких элементов можно использовать параметрическое представление функции, т. е. задать зависимость  $y$  от  $x$  через промежуточный параметр  $t$ :

$$x = f_x(t); y = f_y(t). \quad (6)$$

Для создания базового элемента декоративного узора можно использовать следующие параметрические функции.

1. Функция, позволяющая описать фигуру куполообразной формы, вида

$$\begin{aligned} x(t) &= a \sin(t)^3; y(t) = (1/a) \cos(t/a)^3; \\ t &\in [0; 4\pi]. \end{aligned} \quad (7)$$

2. Функция спирали, число витков которой зависит от диапазона изменения параметра  $t$

$$\begin{aligned} x(t) &= t \sin(at); y(t) = at \cos(t); \\ t &\in [0; 3\pi]. \end{aligned} \quad (8)$$

3. Параметрическая функция вида

$$\begin{aligned} x(t) &= (1 + a \cos(t)) \cos(at); \\ y(t) &= (1 + \cos(t)) \sin(t); \\ t &\in [0; 2\pi]. \end{aligned} \quad (9)$$

В этом случае параметр  $t$  может иметь максимальное значение  $2\pi$ .

4. Параметрическая функция вида

$$\begin{aligned} x(t) &= a \sin(t)^3; y(t) = a \cos(t)^3; \\ t &\in [0; 2\pi]. \end{aligned} \quad (10)$$

График функции (10) будет иметь вид искривленного ромба. Значение параметра  $t$  не может быть больше  $2\pi$ . В последнем случае фигура имеет симметричный вид.

5. Параметрическая функция вида

$$\begin{aligned} x(t) &= a \cos(t) - k \cos(t)^3; y(t) = k \sin(t)^3; \\ t &\in [0; 2\pi]. \end{aligned} \quad (11)$$

6. Функция, позволяющая описать фигуру каплеобразной формы, вида

$$\begin{aligned} x(t) &= 1 + \cos(t); \\ y(t) &= (1 + a \cos(t))k \sin(t); \\ t &\in [0; 2\pi]. \end{aligned} \quad (12)$$

В этом случае коэффициент  $a$  позволяет изменять форму замкнутой кривой. Если  $a < 1$ , то кривая будет принимать овальную форму. При этом, чем ближе к 0, тем более овалоподобная фигура будет формироваться. Если  $a > 1$ , то элементы фигуры будут переплетаться. Независимая переменная  $k$  позволяет расширять или сжимать фигуру.

7. Функция, позволяющая описать увеличивающуюся волнообразную кривую, вида

$$\begin{aligned} x(t) &= t^2 + \cos(t); \\ y(t) &= (t^2 + \cos(t)) \sin(at); \\ t &\in [0; 2\pi]. \end{aligned} \quad (13)$$

Коэффициент  $a$  позволяет увеличить или уменьшить частоту волн.

8. Функция, позволяющая описать вогнутую фигуру, вида

$$\begin{aligned} x(t) &= a \cos(t) + \cos(at); \\ y(t) &= a \sin(t) - \sin(at); \\ t &\in [0; 2\pi]. \end{aligned} \quad (14)$$

Целочисленный параметр  $a$  влияет на количество сторон фигуры.

9. Параметрическая функция вида

$$\begin{aligned} x(t) &= a \cos(t) + \cos(at); \\ y(t) &= a \sin(t) \\ t &\in [0; 2\pi]. \end{aligned} \quad (15)$$

Параметр  $a$  должен иметь целое значение. Если  $a$  — нечетное число, то фигура будет симметричной, в противном случае — асимметричной.

10. Параметрическая функция вида

$$\begin{aligned} x(t) &= a(\cos(t) - \cos(at)); \\ y(t) &= a(\sin(t) + \sin(at)); \\ t &\in [0; 2\pi]. \end{aligned} \quad (16)$$

При увеличении значения параметра  $a$  от 2 до  $n$  возрастает количество витков в фигуре.

Примеры базовых графических элементов, форма которых соответствует перечисленным выше параметрическим функциям (7)–(16), приведены на рис. 2, б.

Для типизации формы декоративных элементов в соответствии с очертаниями зрительных образов в качестве источников узоров использовались издания [11–13]. В книге «Орнаменты народов мира» [11] содержится большое количество орнаментов, характерных для различных культур. Более детальное представление орнаментальных узоров разных стран, состоящих из предметных и беспредметных мотивов, отражено в трудах Емшанова Н. А. [12] и Маккэлэм Г. С. [13].

В результате проведенного авторами статьи анализа декоративных узоров [11–13], в их составе был выделен ряд замкнутых криволинейных объектов типовой формы (рис. 3). Векторные изображения этих объектов могут быть образованы несколькими сегментами кривой Безье, которые характеризуются наборами значений коэффициентов. Для каждого типового узора авторами установлен перечень параметров, на основе значений которых можно однозначно воспроизвести конкретный вариант графического объекта данного типа.

Для формирования составных декоративных узоров следует выделить устойчивые сочетания простых элементов и их взаимное расположение относительно друг друга. Выявленные авторами композиционные сочетания простых элементов приведены на рис. 4. Для каждого из этих сочетаний составлен перечень количественных параметров, которые характеризуют расположение фрагментов составного узора относительно друг друга или относительно элемента симметрии. На основе этих параметров можно реализовать синтез составных узоров второго уровня сложности.

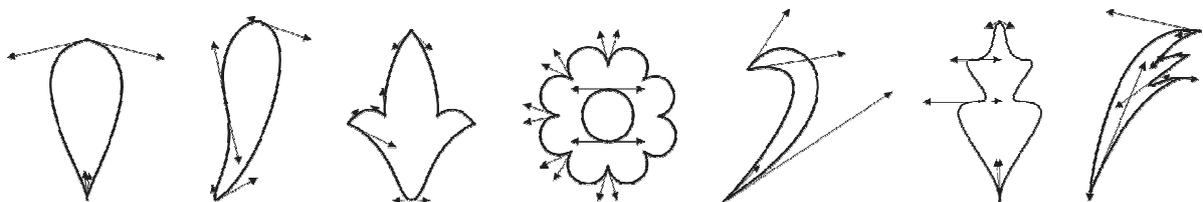


Рис. 3. Типовые графические объекты простой формы

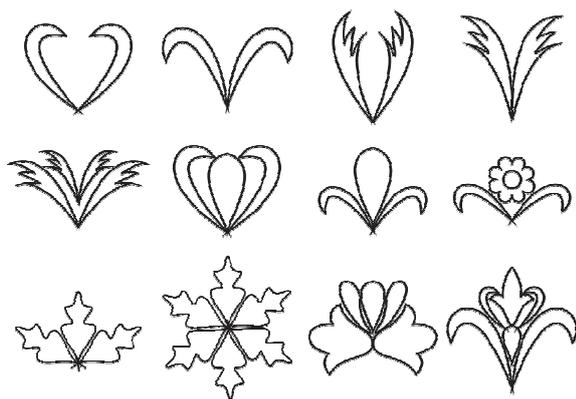


Рис. 4. Устойчивые композиционные сочетания простых элементов

В свою очередь, комбинируя композиционные наборы типовых элементов друг с другом и выполняя симметрические преобразования, можно получать более сложные по форме и составу орнаментальные розетки, а на их основе — узоры с трансляционной симметрией (бордюры и сетчатые орнаменты).

Для решения сформулированной выше задачи синтеза декоративных узоров по принципам симметрии также выделены характерные типы симметрических преобразований, в результате применения которых к фрагменту узора можно получить более сложный симметричный объект. Кроме того, для каждого типа преобразований определен перечень количественных и качественных параметров. Симметрические преобразования, которые будут задействованы в синтезе декоративных узоров, приведены ниже. Их параметры указаны в скобках.

1. Отражение в плоскости симметрии (плоскость отражения  $m$  — горизонтальная/вертикальная; расстояние  $s$  от точки привязки до плоскости симметрии  $m$ ; координаты точки привязки —  $x, y$ ).

2. Поворот вокруг оси симметрии (угол поворота —  $\alpha = 360^\circ / n$ ; порядок оси —  $n$ ; смещение центра поворота  $O_1$  от точки привязки  $O$ ).

3. Параллельный перенос (смещение по горизонтали  $x$ , смещение по вертикали  $y$ ).

4. Скользящее отражение (период переноса —  $T$ ; плоскость отражения  $m$  — горизонтальная/вертикальная; расстояние  $s$  от точки привязки до плоскости симметрии  $m$ ; координаты точки привязки —  $x, y$ ).

Посредством выделенных параметров можно однозначно охарактеризовать цепочку преобразований, необходимых для создания симметричной фигуры на основе базового графического элемента.

**Заключение.** В данной работе проведена систематизация и типизация декоративных узоров в контексте задачи синтеза цифровых изображений для оформления печатной продукции. Выполнена типизация элементов декоративных узоров по геометрической форме. Для абстрактных узоров выделен перечень математических функций, заданных в явном и параметрическом виде, которые позволяют описать форму базового элемента. Также выполнена типизация формы декоративных элементов в соответствии с очертаниями зрительных образов, часто встречающихся в составе декоративных узоров. Выделены типовые базовые элементы и их устойчивые композиционные сочетания, а также перечень параметров для последующего синтеза этих объектов. Для формирования симметричных узоров на основе криволинейных базовых элементов выделены характерные типы симметрических преобразований и соответствующие им параметры. Проведенная работа позволит алгоритмизировать процесс создания декоративных узоров в виде векторных изображений и реализовать его программно.

### Литература

1. Лещинский А. А. Основы графики. Гродно: ГрГУ, 2003. 194 с.
2. Иванов С. В. Орнамент народов Сибири как исторический источник. Народы Севера и Дальнего Востока. М.; Ленинград: Изд-во АН СССР, 1963. 500 с.
3. Тараян З. Р. Символы симметрии орнамента в армянском прикладном искусстве. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1989. 199 с.
4. Дубина Н. Орнамент в декоративном оформлении книги // КомпьюАрт. 2000. № 8. С. 78–83.
5. Фокина Л. В. Орнамент. М.: Феникс, 2005. 172 с.
6. Шубников А. В., Копчик В. А. Симметрия в науке и искусстве. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. 560 с.
7. Jablan S. V. Symmetry, Ornaments and Modularity. Singapore, World Scientific Publ., 2002. 344 p.
8. Лебедева С. Е. Закон симметрии и его универсальный характер // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2007. № 2. С. 107–111.
9. Гриншпон И. Э., Гриншпон Я. С. Элементарные функции и их графики. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2017. 98 с.
10. Сипайло С. В. Синтез векторных симметричных узоров на основе параметрического описания базового элемента // Скориновские чтения 2017: книга в медийном пространстве: к 500-летию

белорусского книгопечатания: материалы III Международного форума, Минск, 6–7 сентября 2017 г. Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2017. С. 258–261.

11. Афонькин С. Ю., Афонькина А. С. Орнаменты народов мира. СПб.: Кристалл, 1998. 272 с.
12. Емшанова Н. А., Ворончихин Н. С. Орнаменты. Стили. Мотивы. Ижевск: Удмуртский университет, 2001. 90 с.
13. Маккэлэм Г. С. 4000 мотивов: цветы и растения. М: Астрель, 2006. 386 с.

### References

1. Leshchinskiy A. A. *Osnovy grafiki* [The basics of the graphics]. Grodno, Grodnenskiy gosudarstvennyy universitet Publ., 2003. 194 p.
2. Ivanov S. V. *Ornament narodov Sibiri kak istoricheskiy istochnik. Narody Severa i Dal'nego Vostoka* [The ornament of the peoples of Siberia as a historical source. Peoples of the North and the Far East]. Moscow; Leningrad, Akademiya nauk SSSR Publ., 1963. 500 p.
3. Tarayan Z. R. *Simvoliy simmetrii ornamenta v armyanskom prikladnom iskusstve* [Symbols of symmetry of an ornament in the Armenian applied art]. Yerevan, Akademiya nauk Armyanskoy SSR Publ., 1989. 199 p.
4. Dubina N. Ornament in the decoration of the book. *Komp'yutArt* [Komp'yutArt], 2000, no. 8, pp. 78–83 (In Russian).
5. Fokina L. V. *Ornament* [Ornament]. Moscow, Feniks Publ., 2005. 172 p.
6. Shubnikov A. V., Koptsik V. A. *Simmetriya v nauke i iskusstve* [Symmetry in science and art]. Moscow; Izhevsk, Institut komp'yuternykh issledovaniy Publ., 2004. 560 p.
7. Jablan S. V. Symmetry, Ornaments and Modularity. Singapore, World Scientific Publ., 2002. 344 p.
8. Lebedeva S. E. The law of symmetry and its universal character. *Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Pskov State University], series: Natural, physical and mathematical sciences, 2007, no. 2, pp. 107–111 (In Russian).
9. Grinshpon I. E., Grinshpon Ya. S. *Elementarnye funktsii i ikh grafiki* [Elementary functions and their graphics]. Tomsk, Tomskiy gosudarstvennyy universitet sistem upravleniya i radioelektroniki Publ., 2017. 98 p.
10. Sipaila S. U. Synthesis of symmetric vector tracers based on the parametric description of the base element. *Materialy III Mezhdunarodnogo foruma (Skorinovskie chteniya 2017: kniga v mediynom prostranstve: k 500-letiyu belorusskogo knigopchataniya)* [Materials of the III International Forum (Skorinov's Readings 2017: a book in the media space: to the 500th anniversary of Belarusian printing)]. Minsk, 2017, pp. 258–261 (In Russian).
11. Afon'kin S. Yu., Afon'kina A. S. *Ornamenty narodov mira* [Ornaments of the nations of the world]. St. Petersburg, Kristall Publ., 1998. 272 p.
12. Emshanova N. A., Voronchikhin N. S. *Ornamenty. Stili. Motivy* [Ornaments. Styles. Motives]. Izhevsk, Udmurtskiy universitet Publ., 2001. 90 p.
13. Makkelem G. S. *4000 motivov: tsvety i rasteniya* [4,000 motives: flowers and plants.]. Moscow, Astrel' Publ., 2006. 386 p.

### Информация об авторах

**Кузьма Алена Сергеевна** — магистрант кафедры полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: alionakuzma2018@gmail.com

**Сипайло Сергей Владимирович** — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: svsip@tut.by

### Information about the authors

**Kuz'ma Alena Sergeevna** — Master's degree student, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: alionakuzma2018@gmail.com

**Sipaila Siarhei Uladzimiravich** — 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: svsip@tut.by

Поступила 15.01.2019