

УДК 004.08:519.852

П.А. Новикова, Г.И. Борзунов

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), Москва

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РАСКРОЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИЗАЙН-ПРОЕКТОВ ИЗ ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В данной статье рассматривается разработка методики создания дизайн-проектов из трубчатых элементов с использованием графического редактора GIMP на базе использования современных компьютерных технологий. В рамках данной методики разработана автоматизированная процедура оптимального раскроя, позволяющая рассчитать раскрой исходного материала. Использование результатов работы позволит минимизировать отходы используемого сырья.

Ключевые слова: оптимальный раскрой, задача упаковки в контейнеры, дизайн-проект, автоматизация, стеклярус.

P.A. Novikova, G.I. Borzunov

Russian State University im. A.N. Kosygina
(Technologies. Design. Art), Moscow

THE USE OF MODERN COMPUTER TECHNOLOGIES TO SOLVE THE PROBLEM OF OPTIMAL CUTTING WHEN IMPLEMENTING DESIGN PROJECTS FROM TUBULAR ELEMENTS

This article discusses the development of a methodology for creating design projects from tubular elements using the GIMP graphic editor based on the use of modern computer technologies. Within the framework of this technique, an automated procedure for optimal cutting has been developed, which makes it possible to calculate the cutting of the initial material. Using the results of the work will minimize the waste of the raw materials used.

Keywords: optimal cutting, the task of packing into containers, design project, automation, bugles.

Работы, выполненные с использованием бисера, можно встретить в разных сферах человеческой деятельности. XVII век подарил человечеству новую разновидность бисера – стеклярус. Он в разы длиннее обычного бисера, поэтому меньшим количеством элементов можно заполнить большие площади ткани, что значительно ускорило процесс вышивания.

С каждым годом область применения дизайн-проектов с частичным или полным использованием бисера и стекляруса становится более обширной. А масштабы инсталляций постоянно увеличиваются. Например, грандиозная работа из бисера Бенджамина Бола для одного из музыкальных клубов

Нэшвилла, которая превратилась в городской символ благодаря своей оригинальности и новизне (рис 1).



Рисунок 1 – Инсталляция из бисера от Бенджамина Бола

Ранее разработана методика оптимального использования фильтров графического редактора GIMP, выбраны наиболее удачные сочетания фильтров, позволяющие адекватно визуализировать стеклярусные композиции. На основании эмпирических исследований была создана универсальная методика создания схем размера А4 из любого изображения для вышивания стеклярусом размером 10 на 2 миллиметра – одного из наиболее популярных стандартных размеров стекляруса. Далее, в рамках этой методики исследовались возможности оптимального раскроя, описанные ниже. На рис.2 в качестве примера приведено исходное изображение (а) и готовая схема для вышивания (б).



Рисунок 2 – Исходное изображение и готовая схема

Классический стеклярус изготавливается из стеклянных трубок, но он также может изготавливаться из пластмассовых или металлических заготовок разной длины методом резки. А если ювелиры или дизайнеры будут использовать в своих работах цилиндрические элементы, напоминающие стеклярус, только сделанные из драгоценных металлов: золота, серебра, платины и других, то при изготовлении очень важно рассчитать оптимальную длину элементов с целью минимизации отходов, что поможет заказчику сэкономить значительную сумму. Повышается важность задачи оптимизации

линейного раскроя – трубчатых материалов или прута, используемых для изготовления элементов изделия методом их резки.

Если же стеклярус изготавливается из пластика, задача оптимизации раскроя также важна: количество отходов находится в прямо пропорциональной зависимости влияния на экологию и окружающую среду. Именно в подобных ситуациях значительно вырастает актуальность использования оптимальных алгоритмов раскроя трубчатых элементов.

Методов оптимального раскроя материалов довольно много. Критериями оптимальности могут служить: минимальный расход материала, минимальные отходы материала, раскрой с учетом комплектации исходных заготовок. Одним из популярных методов является решение задачи упаковки в контейнеры. Он удобен и прост в программной реализации, что позволяет легко автоматизировать его при разработке соответствующих дизайн-проектов. Кроме того, «Задача упаковки в контейнеры» является адекватной математической моделью оптимального раскроя стеклярусных трубок и других линейных элементов [1].

Формулировка задачи для нашего конкретного случая следующая: пусть для реализации дизайн-проекта требуется подготовить K стеклярусных элементов:

$$K = l_1 * k_1 + l_2 * k_2 + \dots + l_r * k_r,$$

где r – число типоразмеров,

k_i – длина стеклярусного элемента i -того типоразмера,

l_i – требуемое количество стеклярусных элементов длиной k_i при $i=1, 2, \dots, r$.

Требуется получить K указанных стеклярусных элементов путём гильотинного раскроя (нарезки) из минимального количества трубок, длиной P [2].

Были рассмотрены 4 алгоритма, осуществляющие решение «Задачи об упаковке в контейнеры»: следующий подходящий, первый подходящий, наилучший подходящий, наихудший подходящий. Из них опытным путем выявлен наиболее эффективный для реализации дизайн-проектов из стекляруса.

Проведено экспериментальное исследование возможностей алгоритмов упаковки в контейнеры для оптимизации раскроя исходных заготовок при реализации дизайн-проектов.

Для представленной на рис.2 схемы необходимо 3150 элементов выбранного размера (30 штук по вертикали и 105 штук по горизонтали).

При выявлении наиболее эффективного алгоритма упаковки в контейнеры для наглядности упростим задачу – необходимо разложить стеклярус одного цвета длиной 10 мм на схеме размером А4. Суммарная длина стеклярусов – 31500 мм (3150 элементов), эта же цифра является общей длиной цилиндрической заготовки. Рассмотрим два варианта длин заготовок (контейнеров) для производства стекляруса – 500 мм и 300 мм и оценим, какое количество заготовок указанного размера понадобится. Для предлагаемого варианта получается 100-процентная заполняемость. Причем, для всех четырех алгоритмов. Заготовок по 500 мм необходимо 63 штуки, по 300 мм – 105 штук.

В практических работах используется стеклярус и других стандартных размеров: 2, 4, 7, 10, 12 миллиметров. Аналогичным образом были проведены расчеты и для этих длин стекляруса. Для расчетов использовался специальный калькулятор [3]. Все расчёты представлены в табл.1.

Таблица 1. Расчеты по использованию двух вариантов заготовок

Размер стекляруса (мм)	2	4	7	10	12
Количество стеклярусинок (шт.)	15645	7875	4515	3150	2625
Количество заготовок по 500 мм (шт.)	63	63	64	63	65
Использование заготовок по 500 мм (%)	99,33	100	98,77	100	96,92
Количество заготовок по 300 мм (шт.)	105	105	108	105	105
Использование заготовок по 300 мм (%)	99,33	100	97,55	100	100

Анализ результатов показал, что количество отходов от заготовки длиной 500 мм при вышивании схемы размером А4 стеклярусом минимально при длине стекляруса 10 мм и 4 мм, а от заготовки 300 мм – при длине стекляруса 4 мм, 10 мм, 12 мм. Однако стеклярус длиной менее 5 мм является рубкой, он используется для придания некоторым элементам изделия специфических декоративных свойств, для данной задачи неактуален. А стеклярус длиной 12 мм оптимален не для каждого случая. Таким образом, стеклярус длиной 10 мм является самым выгодным в экономическом плане при распиливании заготовок 0,5 метра или 0,3 метра. Именно поэтому схему размером А4 рациональнее вышивать стеклярусом этой длины.

По работе алгоритмов выявлено, что принцип работы у всех разный, но полученный результат при расчете для равных длин стекляруса, является одинаковым. При больших размерах элементов алгоритм «Следующий подходящий» показывает наихудший результат.

При работе над дизайн-проектом вышивки из стекляруса иногда возникает необходимость использовать стеклярус разного размера (2, 4, 7, 10, 12 миллиметров) в одном проекте. Соответствующие расчеты по алгоритмам «Задачи об упаковке в контейнеры» в этом случае дали практически аналогичные результаты. Наибольшей эффективности соответствуют заготовки длиной 500 мм и 300 мм – 99,9%. При уменьшении длины заготовок эффективность снижается (99,7% при длине 200 мм). При увеличении длины заготовок эффективность также падает (до 99,3% при длине 1000 мм).

При массовом производстве и использовании дорогостоящих материалов экономия сырья может быть значительная. Алгоритм «следующий подходящий» и здесь показал наихудший результат. В нашем случае разница в процентном соотношении общего использования контейнеров доходила до 0,5-1,6%. (табл.2).

Таблица 2. Сравнение эффективности алгоритмов

Длина заготовки (мм)	200	300	500	700	1000
Алгоритм «Следующий подходящий»	98,1	99,6	99,3	99,7	99,3

(% общего использования контейнеров)					
Остальные алгоритмы	99,7	99,9	99,8	99,7	99,3
(% общего использования контейнеров)					

Полученные в работе результаты можно использовать не только при вышивке стеклярусом, но и в других сферах деятельности. Например, при разработке дизайна интерьеров помещений, украшенных панно или инсталляциями из линейных и трубчатых элементов, где необходима оптимизация раскроя исходного материала. Готовую схему можно масштабировать. Используя программное обеспечение для 3D-моделирования и визуализации, например, *Autodesk 3dsMax*, разработчик получает возможность увидеть будущую работу в любом интерьере.

Появляется возможность просмотра одного и того же изображения и в рамке жилой комнаты, и на стене жилого помещения, и на фасаде здания. Появляется возможность еще на уровне проектирования вносить необходимые коррективы в работу. Достигается этот эффект за счет увеличения длины и диаметра трубчатых элементов – «труботизация». При этом количество элементов остается постоянным, меняется только их физический размер.

Но не все картины и в этом случае можно выполнить из трубочек одной длины, в некоторых случаях приходится комбинировать элементы разной длины. Снова появляется необходимость решения задачи оптимизации и раскроя. Критерием и здесь может являться минимум обрезков, поскольку материалы могут быть дорогостоящие [4].

Для демонстрации идеи был взят гобелен «Медитация» заслуженного художника Российской Федерации, члена Московского Союза художников и Международного художественного фонда Уварова В.Д. Фактический размер работы составляет 200x350 см. Предположим, что вся работа выполнена из трубчатых элементов. Изменяя размер элементов, можно посмотреть, как проект будет выглядеть в разных интерьерах, например, в помещениях РГУ им.А.Н.Косыгина (рис.3).



Рисунок 3 – Визуализация интерьера холла (а) и библиотеки (б)

Представленная в работе схема имеет широкое применение. Описанные методы являются перспективными технологиями для дизайнеров, так как

появляется возможность из любого изображения сделать универсальную схему, а, меняя размер элементов, подобрать оптимальный размер изделия. Кроме того, подобными приемами можно делать инсталляции и другие городские объекты – разнообразие области применения и видимая перспектива развития.

Технологии реализации дизайн-проектов и информационные технологии тесно связаны между собой, а их совместное применение позволяет получить новые дизайнерские решения. Таким образом, компьютерные технологии позволяют открыть новые и расширить традиционные области дизайна за счет новых технологических решений, а также повысить эффективность реализации дизайн-проектов путем автоматизации процессов создания технологических схем, достижения экономической и экологической выгоды при сокращения отходов, масштабирования проектных решений при адаптации к среде применения, детальной проработки многовариантных проектных решений ещё на стадии моделирования.

Список литературы

1. КORTE Б., Фиген Й. Комбинаторная оптимизация. Теория и алгоритмы / Перевод с англ. М. А. Бабенко. — М.: МЦНМО, 2015. — 720 с.

2. Борзунов Г.И., Фирсов А.В., Новиков А.Н. Оптимальный раскрой как задача упаковки в контейнеры// Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – с. 231 - 234.

3. Задача об упаковке в контейнеры [Электронный ресурс]. // Калькулятор решает задачу об упаковке в контейнеры разными эвристическими алгоритмами. — Режим доступа к ресурсу: <https://planetcalc.ru/917/> (дата обращения: 10.07.2020).

4. Новикова П.А., Борзунов Г.И. Применение оптимального раскроя для трубчатых элементов. – Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2020): сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. Часть 3. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020, с.22-26.

Сведения об авторах

Борзунов Георгий Иванович – доктор технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и компьютерный дизайн», Российский государственный университет им.А.Н.Косыгина, г.Москва, email: parproc@gmail.com

Новикова Полина Александровна – студентка 4-го курса кафедры «Информационные технологии и компьютерный дизайн», Российский государственный университет им.А.Н.Косыгина, г.Москва, email: novpol@inbox.ru

About the authors

Borzunov Georgy Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Computer Design, Kosygin Russian State University, Moscow, email: (hidden)

Novikova Polina Aleksandrovna – 4th year student of the Department of Information Technologies and Computer Design, A. N. Kosygin Russian State University, Moscow, email: (hidden)