

УДК 685.34.024.34: 004.42

DOI 10.47367/0021-3497_2024_6_253

**АНАЛИЗ И ВЫБОР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ
АВТОМАТИЗАЦИИ И ОПТИМИЗАЦИИ РАСКРОЯ КОЖИ**

**ANALYSIS AND SELECTION OF AUTOMATION SOFTWARE TOOLS
AND OPTIMIZATION OF LEATHER CUTTING**

С.Д. ТАРАСОВ, Б.А. СТАРОВЕРОВ, В.В. ЛАПШИН

S.D. TARASOV, B.A. STAROVEROV, V.V. LAPSHIN

(Костромской государственной университет)

(Kostroma State University)

E-mail: ooo-kk-44@list.ru; sba44@mail.ru; vlv1000@mail.ru

Объектом исследования в данной статье является технологический процесс раскроя кожи на раскройном станке. Предмет исследования – программные средства автоматизации и оптимизации данного технологического процесса. Анализ существующих программных средств производится с целью выбора наиболее эффективных решений для интеграции в разрабатываемую систему управления раскройным станком. В результате анализа обоснован выбор программного обеспечения автоматизации и оптимизации раскроя кожи. Разработка системы управления раскройным станком «АРК 1500» на основе анализа программных решений способствует импортозамещению и повышению конкурентоспособности отечественной промышленности.

The article discusses software tools for automating and optimizing the technological process of cutting leather for a cutting machine. An analysis of existing software is carried out in order to select the most effective solutions for integration into the cutting machine control system being developed. The object of study in this article is the technological process of cutting leather on a cutting machine. The subject of the research is software for automation and optimization of this technological process. As a result, the choice of software for automation and optimization of leather cutting is justified. The development of a control system for the ARK 1500 cutting machine based on the analysis of software solutions contributes to import substitution and increased competitiveness of the domestic industry.

Ключевые слова: импортозамещение, раскрой кожи, раскройный станок, автоматизация и оптимизация раскроя кожи, анизотропия, САПР, программные средства.

Keywords: import substitution, leather cutting, cutting machine, automation and optimization of leather cutting, anisotropy, CAD, software.

В настоящее время существует проблема импортозамещения программных и аппаратных компонентов производства обувной продукции. Так, на предприятии «Танцмастер» в г. Костроме во время обновления программного обеспечения раскройного комплекса «АРК 1500» производства Италии была заблокирована работа оборудования с предложением о покупке нового раскройного комплекса. В связи с этим возникла проблема возвращения данного станка в производство. Для этого необходима интеграция нового программного обеспечения с существующим на станке оборудованием [1].

Структурная схема функционирования программного обеспечения раскройного комплекса показана на рис. 1.

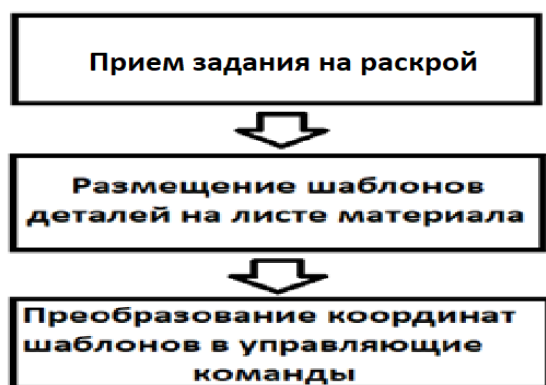


Рис. 1

Сменное задание является файлом или набором файлов формата HPGL, в которых записаны координаты шаблонов деталей обуви. Размещение шаблонов деталей обуви осуществляется в соответствии с топографической картой кожи или произвольно, если нет требования учета анизотропии раскраиваемого материала. Преобразование размещенных шаблонов в управляющие команды раскройного исполнительного механизма можно осуществить с помощью программных библиотек Python. Программные компоненты, осуществляющие выполнение перечисленных операций, являются необходимой частью автоматизации процесса

раскроя кожи и других материалов. Разработка программной части автоматизированной системы управления раскройным станком требует подробного анализа существующих программных решений.

Поскольку разработка автоматизированной системы управления осуществляется в среде Python, чтение сменного задания из файла формата HPGL целесообразно осуществлять с помощью библиотек *Chiplotle* или *Python – HPGL*. Данные библиотеки точно извлекают координаты шаблонов деталей из сменных заданий [2, 3].

Операция размещения шаблонов деталей обуви на листе материала необходима для рационального использования площади материала и в ряде случаев для учета анизотропии материала. В настоящее время существует несколько программных продуктов для решения этой задачи.

САПР «THAGORA» – это отечественная программная разработка, способная осуществлять оптимальное размещение шаблонов деталей. Программа позволяет создавать базу данных поступившей кожи в зависимости от ее качества, обеспечивать создание и обработку производственных заказов, производить расчет расхода сырья. Программа также имеет возможность работы с видеопроектором раскройного комплекса. Производитель утверждает, что САПР осуществляет размещение деталей в соответствии с топографией кожи [4].

Автораскладка «АккуНест» – отечественная программа для размещения лекал, которая предназначена для швейной промышленности и работает только с тканями, что не позволяет полностью использовать ее функционал в производстве обувной продукции. Возможно использование программы без учета свойств материала в случаях, когда анизотропия материала не важна [5].

САПР «АССОЛЬ» – отечественный многофункциональный программный комплекс для проектирования одежды и обуви. В его функционал входит в том числе мо-

дуль «Автораскладка». Данный модуль предназначен прежде всего для размещения лекал на ткани. Есть ли возможность использовать его для размещения шаблонов деталей обуви, производитель не сообщает [6].

САПР «Грация» – отечественная САПР для швейной промышленности. В данной САПР реализована подсистема раскладки лекал, способная осуществлять размещение лекал с учетом заданных технологических ограничений. Кроме автоматического режима также реализованы полуавтоматический и ручной режимы размещения лекал, что позволяет использовать САПР для размещения шаблонов деталей обуви на коже [7].

САПР «Julivi» – отечественная САПР, включающая модуль «Раскладчик лекал», предназначенный для размещения лекал деталей одежды на ткани. Существует ли возможность использования данной САПР для размещения шаблонов деталей обуви, производитель не сообщает.

Библиотека для Python «SVGnest» предназначена для размещения полигонов на прямоугольном поле заданного размера. Полигоны, в данном случае шаблоны деталей обуви, перед размещением необходимо сохранять в формате SVG. Эксперименты показали неэффективность работы программы, так как имеет место наложение шаблонов деталей обуви друг на друга. Ограничение формы листа для размещения прямоугольником не позволяет учитывать топографию кожи [8].

Программа «DeepNest» предназначена для размещения полигонов на листе материала произвольной формы. Это позволяет разделить раскраиваемую кожу на зоны размещения ответственных и наименее ответственных деталей. Возможность фиксировать ориентацию полигонов позволяет учитывать схемы размещения продольных осей наименее ответственных деталей при раскрое краевых участков кожи. Эксперименты показали высокую эффективность программы. Программа позволяет настроить взаимодействие со средой разработки Python, что дает возможность использовать ее в качестве программной библиотеки.

Шаблоны деталей обуви и контуры кожи перед размещением необходимо сохранить в формате SVG [9]. Результат оптимального размещения шаблонов деталей с учетом контура кожи в Python с использованием программы DeepNest представлен на рис. 2.

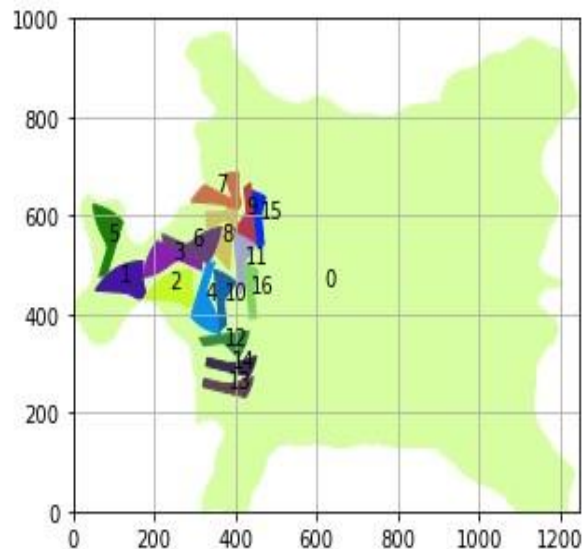


Рис. 2

В Костромском государственном университете разработано несколько программ размещения шаблонов деталей обуви на листе материала. Разработан программный комплекс, который осуществляет размещение шаблонов деталей обуви квадратическим методом [10, 11] и размещение одноименных деталей по прямолинейно-поступательной системе [12]. Программный комплекс в случае размещения по прямолинейно-поступательной системе поддерживает построение модельных шкал шаблонов. Это позволяет вычислять процент использования площади материала для конкретного размещения.

Планируется реализовать математическую модель топографии кожи и размещать шаблоны в соответствии с ней. Программный комплекс разработан в Python. Программный код позволяет интегрировать его с аппаратной частью станка. Результаты размещения шаблонов деталей обуви по прямолинейно-поступательной системе с помощью разработанной программы представлены на рис. 3.

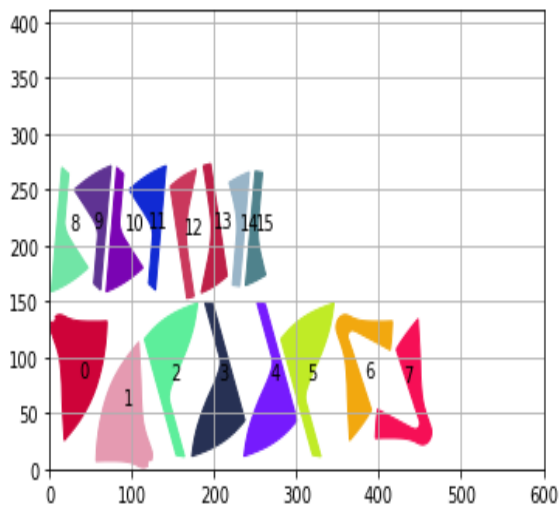


Рис. 3

Разработан ручной раскладчик шаблонов деталей обуви. Программа создана в среде разработки С++ и позволяет интегрировать ее с аппаратной частью. Внешний вид программы разработанного раскладчика представлен на рис. 4.

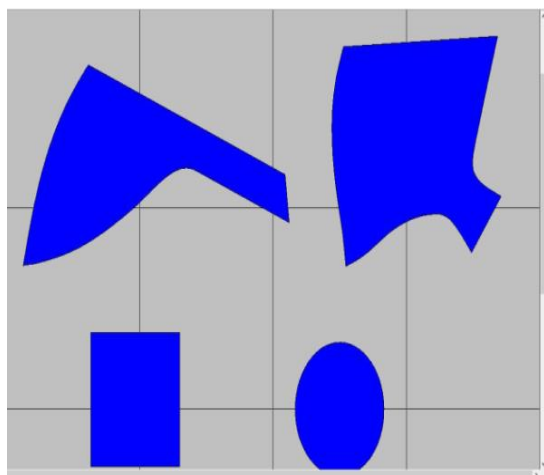


Рис. 4

САПР «Itas Nesting» из Башкортостана предназначена для проектирования оптимальных размещений различных шаблонов и лекал произвольной формы. Разработчики утверждают, что САПР может быть использована в различных отраслях промышленности, где необходимо проектирование карты оптимального раскроя, в том числе и в легкой промышленности. О возможности учета топографии кожи не сообщается [13].

САПР «FieryCut» из Ярославля предназначена для проектирования размещений шаблонов произвольной формы на прямоугольном листе материала. Разработчики заявляют об универсальности программы, однако на официальном сайте визуальная информация касается в основном применения программы для металлообработки [14].

САПР «Taurus II» – продукт компании Gerber Technology (Германия), разработанный для проектирования оптимального размещения шаблонов деталей на коже. Программа основана на специальном алгоритме, генерирующем сверхплотное размещение полигонов. Программа также снабжена модулем оцифровки контуров раскраиваемой кожи для дальнейшего размещения деталей в данном контуре. По мнению экспертов, является одной из лучших систем для раскроя [15]. Однако высокая стоимость и закрытый исходный код не позволяют использовать программу для интеграции с раскройным комплексом.

САПР «EagleNest» – продукт компании АТОМ (Италия), предназначенный для проектирования оптимального размещения шаблонов деталей обуви из синтетических материалов. Шаблоны произвольной формы размещаются на прямоугольном поле. Топография кожи не учитывается [16].

САПР «ShoeNest» также разработана компанией АТОМ. В отличие от предыдущей САПР она может осуществлять учет контура раскраиваемой кожи. Об учете анизотропии кожи разработчики не сообщают [16]. Стоит отметить, что программные продукты компании АТОМ предназначены в основном для раскройных станков собственного производства. По этой причине нельзя утверждать о применимости данных САПР для другого оборудования.

Программа «T-FLEX/Раскрой» (Россия). Информация, представленная на сайте, свидетельствует о том, что основное назначение программы – использование в сфере металлообработки [17].

Результаты анализа программ для размещения шаблонов деталей обуви представлены в табл. 1.

	Название программы	Возможность использования в производстве обувной продукции	Учет топографии кожи	Открытый исходный код (возможность подключаться к производственному оборудованию)	Тип раскладки (автоматическая / ручная)
1	САПР «THAGORA»	Возможно	Учитывается	Нет	Интерактивная + автоматическая
2	Автораскладка «АккуНест»	Возможно	Не учитывается	Нет	Интерактивная + автоматическая
3	САПР «АССОЛЬ»	Возможно	Не учитывается	Нет	Интерактивная + автоматическая
4	САПР «Грация»	Возможно	Не учитывается	Нет	Интерактивная + автоматическая + полуавтоматическая
5	САПР «Julivi»	Возможно	Не учитывается	Нет	Интерактивная + автоматическая
6	Библиотека «SVGNest»	Невозможно	Топографию учесть невозможно	Да	Автоматическая
7	Библиотека «DeepNest»	Возможно	Учет топографии возможен	Да	Автоматическая
8	Программы КГУ	Возможно	Учет топографии возможен	Да	Интерактивная + автоматическая
9	САПР «ItasNesting»	Возможно	Не учитывается	Нет	Автоматическая
10	САПР «FieryCut»	Невозможно	Не учитывается	Нет	Автоматическая
11	САПР «Taurus II»	Возможно	Учитывается	Нет	Интерактивная + автоматическая
12	САПР «EagleNest»	Возможно	Не учитывается	Нет	Автоматическая
13	САПР «ShoeNest»	Возможно	Учет топографии возможен	Нет	Интерактивная + автоматическая
14	Программа «T-FLEX/Раскрой»	Невозможно	Не учитывается	Нет	Автоматическая

В результате сравнительного анализа программного обеспечения для размещения шаблонов деталей обуви на листе материала установлено, что для раскройного станка «АРК 1500» необходимо использовать программы собственной разработки и программу DeepNest в качестве программной библиотеки Python. Выбор обусловлен тем, что перечисленные программы позволяют учитывать топографию шкуры, размещать детали по рекомендованной прямолинейно-поступательной системе, имеют открытый исходный код, а также не требуют покупки лицензии.

Следует отметить, что в статье рассматривались только средства автоматизации и оптимизации раскроя кожи, направленные на проектирование оптимального размещения шаблонов. Аппаратное обеспечение

раскройного станка требует отдельного анализа.

В Ы В О Д Ы

В рамках исследования проведен сравнительный анализ существующих программных решений для управления технологическим процессом раскроя кожи. Обоснован выбор программных компонентов для разрабатываемой автоматизированной системы управления раскройным станком «АРК 1500».

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Кузнецов А.А., Лапшин В.В., Левыкин М.П., Иргашева А.Ш. Использование современных технологий раскроя материалов в рамках импортозамещения // Научные исследования и разработки в области

дизайна и технологий: матер. всерос. науч.-практ. конф. Кострома, 2023. С. 196...198.

2. <https://pypi.org/project/Chiplotle3> (дата обращения 19.06.2024).

3. hpgl.github.io/hpgl/ (дата обращения 19.06.2024).

4. <https://www.perevalov.ru/cat/sistema-dlya-raskroya-naturalnoy-kozhi--thagora> (дата обращения 21.06.2024).

5. <https://www.gerbertechnology.ru/catalog/sapr/avtoraskladka> (дата обращения 21.06.2024).

6. <https://assol.org> (дата обращения 21.06.2024).

7. <https://www.saprgrazia.com/marking.php> (дата обращения 21.06.2024).

8. <https://svgnest.com> (дата обращения 21.06.2024).

9. <https://deepnest.io> (дата обращения 21.06.2024).

10. *Тарасов С.Д., Староверов Б.А., Лапшин В.В.* Итерационный алгоритм квазиоптимального раскроя кожи и текстильного материала квадратомическим методом // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2024. № 2. С. 193...199.

11. *Тарасов С.Д., Староверов Б.А., Лапшин В.В.* Программный комплекс оптимального раскроя кожи и текстильных материалов с использованием машинного зрения // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий: матер. всерос. науч.-практ. конф. Кострома, 2024. С. 281...284.

12. *Тарасов С.Д., Староверов Б.А., Лапшин В.В., Левыкин М.П.* Методика размещения шаблонов деталей обуви для раскройного комплекса АРК 1500 с оценкой процента использования площади материала // Технологии и качество. 2024. № 2. С. 13...17.

13. https://itas.pstu.ru/wiki/index.php/Система_автоматизированного_раскроя_Itas_Nesting (дата обращения 22.06.2024)

14. <https://haitek.ru/products/raskroj-listovogo-metalla-fierycut.php> (дата обращения 22.06.2024).

15. <https://www.gerbertechnology.ru/catalog/raskroynye-kompleksy/raskroynnyy-kompleks-dlya-naturalnoy-kozhi-gerber-taurus-ii/> (дата обращения 23.06.2024).

16. <https://mfgsup.com/knife-cutting/atom-acquisition-systems-and-nesting-software/nesting-software/> (дата обращения 23.06.2024).

17. <https://www.tflex.ru/about/publications/detail/index.php?ID=4051> (дата обращения 23.06.2024).

REFERENCES

1. *Kuznecov A.A., Lapshin V.V., Levykin M.P., Ir-gasheva A.SH.* Use of modern technologies for cutting materials as part of import substitution // Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologij.

Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Kostroma, 2023. P. 196...198.

2. <https://pypi.org/project/Chiplotle3> (accessed: 19.06.2024).

3. hpgl.github.io/hpgl/ (accessed: 19.06.2024).

4. <https://www.perevalov.ru/cat/sistema-dlya-raskroya-naturalnoy-kozhi--thagora> (accessed: 21.06.2024).

5. <https://www.gerbertechnology.ru/catalog/sapr/avtoraskladka> (access date: 21.06.2024).

6. <https://assol.org> (access date: 21.06.2024).

7. <https://www.saprgrazia.com/marking.php> (access date: 21.06.2024).

8. <https://svgnest.com> (access date: 21.06.2024).

9. <https://deepnest.io> (date of access: 21.06.2024).

10. *Tarasov S.D., Staroverov B.A., Lapshin V.V.* An iterative algorithm for quasi-optimal cutting of leather and textile material by quadratic method // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2024. № 2. P. 193...199.

11. *Tarasov S.D., Staroverov B.A., Lapshin V.V.* Software package for optimal cutting of leather and textile materials using machine vision // Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologij: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Kostroma, 2024. P. 281...284.

12. *Tarasov S.D., Staroverov B.A., Lapshin V.V., Levykin M.P.* Method for placing shoes parts templates for the ark 1500 cutting complex with assessment of the percentage of material area use // Tekhnologii i Kachestvo. Kostroma, 2024. № 2. P. 13...17.

13. https://itas.pstu.ru/wiki/index.php/Стеста_автометрическое_раскроя_Itas_Nesting (date of access: 22.06.2024).

14. <https://haitek.ru/products/raskroj-listovogo-metalla-fierycut.php> (date of access: 22.06.2024).

15. <https://www.gerbertechnology.ru/catalog/raskroynye-kompleksy/raskroynnyy-kompleks-dlya-naturalnoy-kozhi-gerber-taurus-ii/> (date of access: 23.06.2024).

16. <https://mfgsup.com/knife-cutting/atom-acquisition-systems-and-nesting-software/nesting-software/> (date of access: 23.06.2024).

17. <https://www.tflex.ru/about/publications/detail/index.php?ID=4051> (date of access: 23.06.2024).

Рекомендована кафедрой автоматизации, микропроцессорной техники и технологии машиностроения КГУ. Поступила 17.09.24.