

Для создания базы данных используется библиотека Flyway. Это инструмент для запуска набора скриптов миграции для базы данных.

Таким образом, разрабатывается специализированное программное обеспечение, которое позволит проводить тренировки без привязки к месту и времени, облегчит процесс учета результатов и спортивных достижений, а также даст возможность выполнить анализ успешности тренировочного процесса и, при необходимости, корректировки его плана.

УДК 685.34.05:621.373.826

## АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАЕКТОРИИ ВЕКТОРНОГО КОНТУРА ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ПЕРФОРАЦИИ КОЖИ

*Буевич Т.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доц., Буевич А.Э.<sup>2</sup>, к.т.н., доц.*

*<sup>1</sup>Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

*<sup>2</sup>Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной  
медицины, г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрена оптимизация траектории векторного контура для лазерной перфорации. Предлагаемая последовательность подготовки траектории движения луча сокращает число проходов для сквозной перфорации, обеспечивает значительное повышение производительности обработки, сохранение структуры материала. Рекомендуется к использованию на лазерных комплексах в производствах легкой промышленности.

Ключевые слова: лазерный комплекс, импульсный режим, параметры обработки, производительность.

В настоящее время, благодаря уникальным возможностям и технологичности, лазерная перфорация и гравировка широко применяются при производстве обуви, одежды, сувенирной продукции, галантерейных изделий. Преимуществом лазерного метода обработки является бесконтактное воздействие на материал, нанесение изображений любой точности с высоким разрешением и детализацией, работа с любыми видами материалов с сохранением их структуры.

При обработке контура лазер работает в импульсном режиме. Задание режима работы импульсного лазера сводится к настройке двух параметров: скорости перемещения координатного устройства  $V$  [мм/с] и частоты импульсов  $N$  [импульсов/с]. Отношение  $N/V$ , согласно руководству пользователя лазера Sei Flexi 600, должно находиться в пределах от 0.1 до 0.2 мм, что соответствует диаметру светового пятна лазерного луча на материале. Таким образом, при скорости  $V=6000$  мм/с и частоте  $N=30000$  импульсов/с за один импульс участок воздействия луча лазера на материал составляет 0.2 мм. При заданном соотношении  $N/V$  воздействие на материал будет непрерывным. Однако большое значение частоты  $N$  ведет к сокращению времени воздействия луча лазера на материал, и соответственно к малой глубине реза (около 0.2 мм для кожи). На участок обрабатываемого материала 0.2 мм время воздействия составляет 1/30000 с. Для сквозной перфорации кожи толщиной 2 мм понадобится десять проходов – повторений траектории. С увеличением количества проходов траектории соответственно увеличивается время обработки и снижается производительность технологического процесса.

Очевидно, что для повышения производительности скорость перемещения лазера следует увеличивать, а частоту импульсов  $N$  – уменьшать. Так, при скорости  $V=6000$  мм/с и частоте  $N=1000$  импульсов/с линия воздействия луча на материал  $L_p$  будет составлять 6 мм. При этом такую же величину 6 мм составит перемещение лазера с выключенным лучом без воздействия на материал  $L_x$ . Луч лазера будет воздействовать на материал прерывисто. На рисунке 1 показана линия воздействия луча лазера на материал при установленных параметрах:  $V=6000$  мм/с и  $N=1000$  импульсов/с.

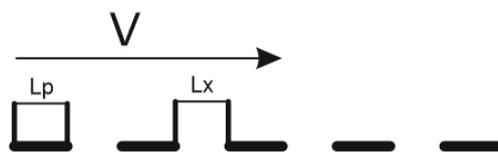


Рисунок 1 – Линия прерывистого воздействия луча лазера на материал

Для устранения прерывистого воздействия на материал с сохранением высокой скорости обработки предлагается изменить характер движения луча лазера. На рисунке 2 изображена траектория движения луча лазера.

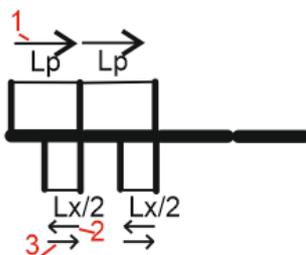


Рисунок 2 – Траектория движения луча лазера

Вначале лазер включается и луч воздействует на материал на величину  $L_p$  – на рисунке позиция 1. Затем лазерный луч выключается и перемещается в обратном направлении на величину равную половине холостого хода  $L_x/2$  – позиция 2. Вторую половину холостого хода  $L_x/2$  луч лазера перемещается снова вперед – позиция 3. Далее лазерный луч включается – совершается рабочий ход  $L_p$ . Процесс повторяется. Таким образом, холостой ход лазера, движение с выключенным лучом, происходит по траектории, на которую ранее уже воздействовал луч лазера. Этим достигается непрерывность воздействия на материал. Уменьшение частоты  $N$  ведет к существенному увеличению времени воздействия луча лазера на материал за один импульс. На участок обрабатываемого материала 0.2 мм время воздействия составляет 1/1000 с. Соответственно увеличивается глубина реза кожи до 1 мм за один проход. Для сквозной перфорации кожи толщиной 2 мм понадобится всего два прохода. Уменьшение количества повторений траектории соответственно сокращает время обработки и увеличивает производительность технологического процесса.

Подготовка траектории движения лазера выполняется в следующей последовательности.

1. Исходная траектория для обработки вычерчивается в любом графическом редакторе, который имеет возможность импорта и экспорта в формат dxf. На рисунке 3 представлена вычерченная траектория. В качестве примера взята линия, которая определяется двумя точками или узлами – начальным и конечным. На рисунке узлы показаны синими квадратиками. Длина линии составляет 100 мм.



Рисунок 3 – Исходная траектория

2. Выполняется экспорт исходной траектории в формат dxf. На рисунке 4 изображен фрагмент файла, который содержит координаты начальной и конечной точек представленной линии:  $(X_1, Y_1)$  и  $(X_2, Y_2)$  соответственно.

3. Реализуется алгоритм преобразования исходной траектории. Линия разбивается на участки равные  $L_x/2$  (3 мм) и формируется новая траектория в следующей последовательности:

- начало – точка 1;
- движение вперед на величину  $L_p$  (6 мм) – точка 2;
- движение назад на величину  $L_x/2$  (3 мм) – точка 3;
- движение вперед на величину  $L_x/2$  (3 мм) – точка 2;
- начало – точка 2;
- движение вперед на величину  $L_p$  (6 мм) – точка 4;
- движение назад на величину  $L_x/2$  (3 мм) – точка 5;
- движение вперед на величину  $L_x/2$  (3 мм) – точка 2 и так далее до конца линии заданной длины 100 мм.

Новая траектория представлена на рисунке 5.

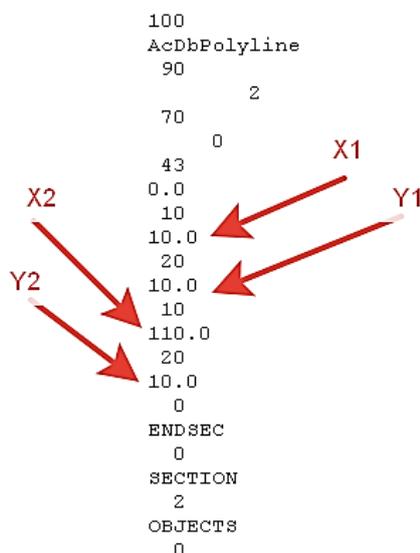


Рисунок 4 – Описание исходной траектории

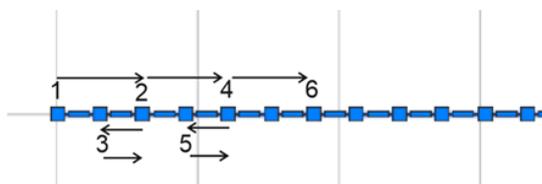


Рисунок 5 – Новая траектория

Время  $t_c$  выполнения сквозной перфорации участка материала длиной  $L=100$  мм с использованием существующей технологии, при которой луч лазера совершает число проходов  $n=10$  со скоростью  $V=6000$  мм/с, не изменяя направления движения от начальной до конечной точки траектории (длина траектории движения лазера  $L_1$  равна длине обрабатываемого участка материала  $L$ ), рассчитывается по формуле  $t_c=(L_1/V)*n=(100/6000)*10=0.17$  с.

В результате преобразования траектории движения луча лазера, ее длина для обработки участка материала длиной  $L=100$  мм составит  $L_1=200$  мм. Время  $t_n$  выполнения сквозной перфорации участка материала длиной  $L=100$  мм с использованием новой технологии, при которой луч лазера совершает число проходов  $n=2$  со скоростью  $V=6000$  мм/с, с изменением направления движения при совершении холостых ходов, рассчитывается по формуле  $t_n=(L_1/V)*n=(200/6000)*2=0.07$  с.

Производительность обработки при этом возрастает на 60 %. Кроме этого, материал не перегревается от многократных проходов луча, сохраняется его структура, исключаются пережоги и копоть. Предлагаемая технология рекомендуется для использования на лазерных комплексах в производствах легкой промышленности.

#### Список использованных источников

1. Буевич, А. Э. Технологическая оснастка для лазерной гравировки деталей верха

обуви. Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности. Сборник научных статей / УО «ВГТУ». – Витебск, 2019.

2. Жукова, А. А., Якимук, В. Н. Анализ технологического оборудования для лазерной обработки: тезисы докладов 52 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов / УО «ВГТУ». – Витебск, 2019. – С. 215.

УДК 685.34.016:685.011.56

## ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

**Буевич Т.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доц., Буевич А.Э.<sup>2</sup>, к.т.н., доц., Шинкарев Е.А.<sup>1</sup>, студ.**

<sup>1</sup>*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной  
медицины, г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрены принципы разработки и функционирования интегрированных систем автоматизированного проектирования (САПР) мехатронных систем. Предлагаемая структура интегрированной САПР позволяет расширять возможности действующих на предприятии модулей, автоматизировать решение производственных задач предприятий без привлечения дополнительного программного обеспечения.

Ключевые слова: интегрированная система, автоматизированное проектирование, макрос, управляющая программа.

Большое количество систем автоматизированного проектирования и управления мехатронными системами, которые используются на производстве, требуют доработок с учетом особенностей предприятий. Один из способов доработки – интегрирование в действующие системы модулей, расширяющих их возможности, и формирование интегрированной системы управления. Интегрированная САПР – это программный продукт, обеспечивающий работу нескольких разнородных систем с единым интерфейсом. При этом интегрированные системы должны иметь возможность обмена данными с внешними приложениями.

Рассмотрим принцип действия интегрированной САПР на базе «Автокад» для разработки управляющих программ к швейным полуавтоматам. Приведем пример создания управляющей программы выполнения прямоугольной закрепки 30 на 40 мм, вид которой представлен на рисунке 1.

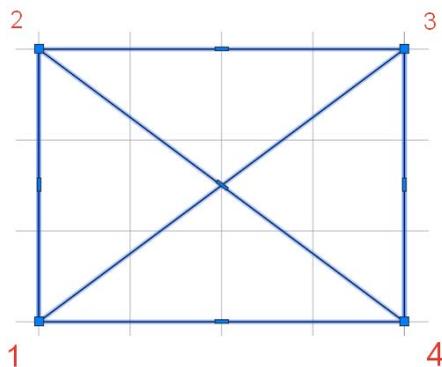


Рисунок 1 – Вид закрепки

Согласно техническим требованиям, закрепка выполняется на швейном полуавтомате с ЧПУ по траектории 1-2-3-4-1-2-4-3-1. Количество стежков в 1 см строчки составляет 2–3. При выполнении контура закрепки проколы иглы должны попадать в точки 1, 2, 3, 4.