

## Общие требования. Ведение, и краткие комментарии

### 1. Требования к геометрическим преобразованиям над векторными примитивами

Под векторными примитивами понимаются следующие геометрические фигуры:

- Точка
- Прямая линия (вектор)
- Прямоугольник
- Прямоугольник со скругленными углами (наружу/внутрь, является замкнутым полигоном см. ниже)
- Эллиптическая дуга (частный случай – дуга окружности)
- Эллипс (частный случай – окружность)
- Кривая Безье (или сплайн четной/нечетной степени)
- Любая замкнутая (полигон) или разомкнутая (полилиния) - геометрический контур, состоящий из набора последовательно соединенных между собой линий/дуг/сплайнов/кривых Безье/дуг
- Равносторонний многоугольник (число сторон  $\geq$  трем и более, является замкнутым полигоном)
- Произвольная фигура, нарисованная пользователем (в общем случае набор последовательно соединенных между собой сплайнов)
- Импортированный контур буквы/набора букв из TTF, OTF и тд. шрифта (замкнутый полигон состоящий из набора последовательных кривых Безье/линий/дуг)
- Импортированный контур буквы из линейчатого шрифта (шрифты AutoCAD SHX и тд.)
- Сформированный штрихкод/баркод со свойствами, заданными пользователем
- Импортированное векторное изображение из файлов DXF, DWG, SVG, PLT и тд. представляющее собой набор из всего выше перечисленного, в котором каждая импортированная единица является самостоятельной геометрической фигурой, а само изображение является набором данных фигур
- Импортированный слой (срез) STL файла (являющийся набором замкнутых полигонов)
- Импортированное растровое изображение (об этом отдельно)

Каждая геометрическая фигура однозначно определяется своим уникальным именем и координатами в плоскости маркировки. В общем случае, если пользователь не предпринял специальных действий, все графические примитивы из которых состоит фигура уникальны, производится проверка данного требования (нет линий дубликатов с одинаковыми координатами в пределах заданной пользователем разницы и т. д.). У каждого графического примитива есть начальный вектор (начало) и конечный вектор (конец), т. е. существенен порядок вывода фигуры на маркировку. Для задач резки предусмотрена возможность задания начального вектора геометрической фигуры пользователем. Геометрические фигуры можно произвольно группировать под заданным именем, а также разгруппировывать. Порядок, в котором геометрические фигуры создавал пользователь является порядком вывода на маркировку/резку, при этом предусмотрена возможность произвольного изменения порядка маркировки/резки пользователем. При импортировании изображения из векторных файлов – порядок создания фигур не оговорен, но предусмотрена возможность изменения данного порядка пользователем. Геометрические фигуры являются

плоскими, но в тоже время существует возможность задания высоты любой геометрической фигуры относительно/абсолютно плоскости маркировки (ось Z).

Геометрические операции над графическими примитивами:

- Поворот выбранной пользователем фигуры или набора фигур относительно заданного центра вращения (центр вращения может быть указан пользователем)
- Масштабирование выбранной пользователем фигуры или набора фигур (пропорциональное, непропорциональное, сжатие, растяжение)
- Наклон выбранной пользователем фигуры или набора фигур по любой из осей X, Y
- Выравнивание выбранной пользователем фигуры или набора фигур (относительно друг друга, заданной прямой и т.д.)
- Отражение по осям X, Y или произвольной заданной линии пользователем выбранной пользователем фигуры или набора фигур

Результатом является та же, что и исходная фигура с изменённой геометрией или положением на плоскости маркировки.

Для замкнутых векторных объектов предусмотрены следующие операции:

- Объединение
- Пересечение
- Вычитание
- Исключающее или

Для контуров, состоящих только из прямолинейных линий результатом является замкнутая фигура (контур) состоящий из набора прямолинейных линий. Для замкнутых фигур состоящих из наборов линий/дуг/сплайнов/кривых Безье результатом является замкнутая фигура - набор из линий/дуг/сплайнов/кривых Безье.

- Эквидистантный отступ (наружу/внутри)

Результатом является замкнутый контур (полигон) состоящий из набора линий, углы скруглены методом, который задает пользователь, скругленные углы упрощаются по числу векторов/длине вектора, параметры задает пользователь.

Замкнутый контур (полигон) может быть заштрихован (залит):

- Линиями (с указанием пользователем способа обхода векторов)
- Эквидистантными контурами внутрь
- Вложенной спиралью
- Точками

Результат – заштрихованная фигура со сгруппированным набором векторов/точек с равными шагами между параллельными линиями/точками, с углом наклона и шагом заданными пользователем.

- Упрощение заданного участка полилинии, состоящей из линий/дуг/сплайнов/кривых Безье или всей полилинии до полилинии состоящей из набора последовательно соединенных между собой прямых линий с точностью указанной пользователем.

- Упрощение заданного участка полилинии, состоящей из линий/дуг/сплайнов/кривых Безье или всей полилинии по длине векторов/числу векторов, параметры задает пользователь

- Преобразование выделенного участка полилинии, состоящей из линий или всей полилинии в набор дуг/сплайнов/кривых Безье в случаях, когда это возможно (число выбранных узловых точек соответствует заданному и т.д.)
- Прямолинейный разрез геометрической фигуры или набора геометрических фигур (все кроме точки, точка остается точкой)

Результат – набор из двух и более частей полилиний или множества точек (если разрежался растр) состоящих из линий/дуг/сплайнов/кривых Безье, положение и наклон линии разреза задает пользователь.

- Добавление холостого хода в начале и конце вектора, а также массиву векторов при заливке полигона или слоя STL файла

- Векторизация бинарного растрового изображения

Результат - набор непрерывных контуров, описывающих границу перехода одного цвета к другому в растровом изображении (точность, метод и другие параметры задает пользователь)

При маркировке/резке макета созданного пользователем выходящего за габариты сканаторного поля, предусмотрена разбивка макета на части которые по возможности вмещаются в габариты сканаторного поля, а при не возможности размещения макет автоматически разрезается на прямоугольные части (габариты задает пользователь, как и параметры переезда или недоезда) с последующим выводом данных частей на лазерную маркировку/резку с сохранением всех режимов (см. №2) с использованием позиционирования (автоматически сформированного) электромеханическими осями относительно объекта маркировки.

При маркировке с использованием вращателя предусмотрено отображение созданного пользователем программы/задания на цилиндрическую развертку, с последующей подготовкой задания для вывода на маркировку.

В программе предусмотрена оптимизация (включается и выбирается способ оптимизации пользователем, если необходима) перебросов сканаторной системы без ухудшения качества маркировки (минимизация перебросов – меньшее время обработки).

## 2. Требования к выводу геометрических примитивов на маркировку/резку

Каждый графический примитив обладает свойствами, связанными с лазерным оборудованием и подсистемой ввода-вывода. Существует начало вывода графического примитива на лазерную маркировку/резку (во времени до фактического вывода) и конец (во времени по окончании вывода на маркировку/резку).

В начале вывода предусмотрено (задает пользователь):

- Вывод габаритной рамки, соответствующей габаритам маркируемого графического примитива или набора примитивов, или заданной пользователем, с последующими действиями:
  - нажатие на педаль, для последующей маркировки/резки

- ожидание события на заданных портах ввода, для последующей маркировки/резки
- ожидание приема определенной последовательности по RS232, для последующей маркировки/резки
- вывод логических уровней на заданных портах ввода, для последующей маркировки/резки
- вывод определенной последовательности по RS232, для последующей маркировки/резки
- задержка (время) по истечении которого начнется маркировка/резка
- Все перечисленное без вывода габаритной рамки

В конце предусмотрено (задает пользователь):

- Вывод габаритной рамки, соответствующей габаритам маркируемого графического примитива или набора примитивов, или заданной пользователем, с последующими действиями:
  - ожидание события на заданных портах ввода, для последующей обработки данного события (для последующей маркировки, занесение информации о маркировке в базу данных, запуск сканера для верификации нанесенной информации, строб на камеру для получения фотографии маркировки, запуск другого задействованного оборудования в маркировке/резке и т.д.)
  - ожидание приема определенной последовательности по RS232, для целей, указанных выше
  - вывод логических уровней на заданных портах ввода, для целей, указанных выше
  - вывод определенной последовательности по RS232, для целей, указанных выше
- Все перечисленное без вывода габаритной рамки

В программе предусмотрено создание именованных режимов лазерной обработки/резки, которые могут быть связаны с любым графическим примитивом или группой примитивов. Режимы организованы в базу данных. К одному графическому примитиву могут быть привязаны более одного режима лазерной маркировки/резки.

Режим лазерной маркировки/резки включает в себя следующую информацию (задает пользователь):

- Выходная мощность лазерного излучения
- Частота следования импульсов
- Длительность импульса для определенных типов лазеров
- Задержки, используемые в управлении сканаторами
- Скорость маркировки
- Скорость перебросов (холостой ход с выключенным лазерным излучением)
- Амплитуда и частота раскрутки лазерного луча
- Задержка перед началом и по окончании маркировки примитива
- Число импульсов для графического примитива точка
- Число повторений маркировки/резки данным режимом
- Положение относительное/абсолютное по осям X, Y и Z

При последовательном выводе графических примитивов на маркировку/резку применяются только изменяющиеся параметры режимов маркировки если они отличаются

друг от друга. Если выводится группа графических примитивов на маркировку/резку одним режимом – то следует установить данный режим перед началом маркировки, перед маркировкой каждого из графических примитивов режимы устанавливаются нет необходимости.

Геометрически примитив состоит из определенных типов векторов применимо к лазерному оборудованию. Это следующие векторы:

- В начале и конце лазер выключен (переброс)
- В начале лазер включен, в конце лазер включен
- В начале и конце лазер включен
- В начале лазер включен и в конце выключен

Все геометрические примитивы должны быть преобразованы в данную логику для последующего вывода на лазерную маркировку/резку. Для замкнутого контура или полилинии лазер включается в начале вывода графического примитива и выключается только в конце. При выводе точки сканаторная система стоит в определенной позиции и производится вывод требуемого числа импульсов.

Маркировка/резка может быть прервана в любой момент с последующим возобновлением или безвозвратно отменена, при этом лазерное излучение должно быть выключено (в рамках одного запуска программы маркировки/резки).

При выводе задания на маркировку осуществляется коррекция выходной лазерной мощности, согласно значениям, в №7.

Для вывода растрового изображения требуется специальная обработка. Растровое изображение может быть выведено как настоящий растр (число импульсов пропорционально яркости конкретного пикселя изображения), как псевдорастр – точки расположены по определенной технологии (по переходам яркости) и число импульсов в каждой точке постоянно, а также линиями параллельными ширине или высоте изображения. Для вывода псевдоцветного изображения предусмотрена сегментация изображения (уменьшение числа цветов) с последующей автоматической привязкой режимов лазерной маркировки к результату сегментации согласно таблице соответствия заданной пользователем.

### 3. Требования к пользовательскому интерфейсу

- наличие дерева объектов – графических примитивов – задания на маркировку/резку
- селектируемые графические объекты подсвечиваются отличным от других примитивов и выделяются прямоугольной габаритной рамкой
- селектирующая габаритная рамка может быть перенесена с переносом имеющихся в ней выделенных примитивов
- селектирующая габаритная рамка может быть деформирована согласно приписанным свойствам (растяжение, наклон, поворот и т.д.) с применением данной операции к выделенным графическим примитивам
- выделенные объекты могут быть удалены/скопированы/расставлены в матричном порядке/сгруппированы (отменяемая операция)
- селекция объектов в области редактирования приводит к селекции соответствующих узлов дерева и наоборот

- при наведении указателя на графический примитив – примитив подсвечивается и отображаются его начальная и конечная точки, прорисовываются сочленения и контрольные точки дуг/сплайнов/кривых Безье
- существует возможность редактирования контрольных точек графических примитивов (перетягивание/удаление/добавление)
- доступна информация о составе графического примитива с возможностью визуального отображения составных частей
- для операций графического редактирования (поворот, масштабирование, наклон и т.д.), при селекции более одного графического примитива операция применяется ко всем выделенным объектам
- назначение режимов лазерной маркировки/резки графическим примитивам может быть осуществлено как в поле графического редактирования, так и в дереве задания
- все операции, производимые в программе можно откатить назад или применить вновь
- наличие панели редактирования режимов лазерной маркировки
- операции масштабирования, наклона не изменяют линейную геометрию заливки (расстояние между параллельными линиями и точками заливки остается прежним)
- наличие вспомогательных линий привязки/разметки макета
- наличие сетки (шаг задает пользователь), привязки к узлам сетки, бортам сетки и т.д.
- фиксация графических примитивов, которые при выделении с другими графическими примитивами не подвергаются пользовательскими действиями
- сохранение выделенных примитивов или их частей в DXF файл в созданной геометрии точки/линии/дуги/сплайны/кривые Безье
- сохранение всего задания в созданной геометрии точки/линии/дуги/сплайны/кривые Безье – графические примитивы и привязанные режимы маркировки/резки с последующей возможностью их открыть в данной программе для последующего редактирования
- импорт векторных/растровых файлов в задание маркировки при использовании перетягивания (Drag&Drop) в область графического редактирования
- изменение порядка обхода дерева задания при использовании перетягивания графических примитивов (Drag&Drop)
- панель ввода скрипта и исполнения-визуализации скриптового задания в области редактирования (возможно с отладкой отдельная панель) скриптовой части задания
- возможность перемещения графических примитивов в различные слои, которые могут быть отключены как визуально, так и при выводе на маркировку
- двойной щелчок по графическому примитиву приводит к видимому позиционированию соответствующего узла дерева задания и делает доступным редактирование режимов лазерной маркировки в панели редактирования режимов, связанных с данным графическим примитивом
- предусмотрена возможность показа пассивных перебросов
- предусмотрена возможность симуляции задания маркировки/резки в программе
- предусмотрено копирование режимов маркировки/резки от одного графического примитива к другому
- предусмотрена возможность автоматического замыкания контура (погрешность задает пользователь)
- предусмотрена визуальная индикация совпадения текущей точки редактирования и начальных/конечных точек/точек сочленения созданных ранее графических примитивов
- в режиме редактирования полилиний могут быть выделены точки сочленения полилиний и контрольные точки нескольких полилиний одновременно с последующей

возможностью применения к ним операций удаления/добавления/масштабирования/поворота и т.д. с возможностью отмены данной операции/операций, геометрия изменяется согласно типу редактируемой точки, принадлежащей к графическому примитиву

- создание точек привязки, которые подсвечиваются на поле маркировки пилотным лазером
- автоматическое создание габаритной рамки по всем объектам маркировки (в рамках одного сканаторного поля) или задание данной рамки пользователем
- размерное совмещение изображения с видеокамеры с макетом маркировки (наложение макета маркировки на получаемое выправленное изображение с видеокамеры в режиме реального времени)
- перемещение по общему полю маркировки (сканаторы+электромеханические оси) с помощью мыши с одновременным наложением макета маркировки на получаемое выправленное изображение с видеокамеры в режиме реального времени (точная привязка)
- действия над габаритной рамкой синхронно отображаются (визуализируются) над графическими примитивами, с которыми (частью которых) осуществляется манипуляция
- действия, предполагающие результат, отображаются после выполнения требуемой операции

#### 4. Маркировка

- вывод всего задания на маркировку или выделенного графического примитива в области редактирования
- наличие отображения вычисленного времени маркировки конкретного выделенного графического примитива, так и всего задания в целом
- выбор глобального режима маркировки или создание набора из последовательных маркировок с выбранными режимами
- вывод габаритной рамки/точек привязки
- старт маркировки/пауза/аварийный останов

#### 5. Маркируемые данные и расширенные графические примитивы

- символьная информация представлена в формате ASCII или UNICODE, штрихкоды/баркоды
- многострочный отформатированный текст (TTF, OTF или SHX и т.д.)
- графический примитив текст по кривой (линия/дуга/сплайн/кривая Безье) как TTF, OTF шрифтами, так и линейчатыми AutoCAD SHX и т.д.
- счетчики (например, серийные номера, при каждой следующей маркировке значение текстовое значение наносимой информации изменяется с заданным пользователем инкрементом, или берется строка информации из файла и т.д.), следующая маркировка по шаблону предыдущей (может быть, как наносимая строка, так и штрихкод/баркод)
- маркировка текущей даты, времени
- предусмотрена возможность инверсии наносимого макета (маркируется заданная область, в местах где нет пользователем указанной маркировки)
- файл скрипта может быть создан как шаблон (в виде текстового файла), в котором описаны позиции графических примитивов, сами графические примитивы, введены специальные переменные \$1, \$2, ... которые при выводе скрипта на маркировку в процессе

подготовки задания заменяются на реальные данные из текстового файла, файла CSV или передаются иным путем, где номеру переменной 1, 2, ... соответствует входная строка под соответствующим номером 1, 2, ... . Данные переменные могут быть использованы в вычислениях, конкатенации строк, быть именами файлов и т.д.

## 6. Безопасность, администрирование и ведение логов

- программа не требует инсталляции (за исключением пакетов поддержки языков C++, C#, платформ .NET, .NET Core и т. д. официально распространяемые корпорацией Microsoft), распространяется как архив, при распаковке которого в выбранный каталог программа готова к работе
- программа проверяет версии динамических библиотек, исполняемых файлов и т.д. в пакете (сборке текущей версии, набор всех исполняемых и вспомогательных файлов принадлежащих данной версии) и при несовпадении выдает сообщение об ошибке и происходит аварийное завершение работы программы
- в разных каталогах на жестком диске пользователя могут находиться несколько рабочих версий программы (с различными версиями), каждая из которых может независимо выполняться
- программа не запускается со съемных флэш накопителей, сетевых дисков и т.д. – только из каталога на жестком диске пользователя на ПК управляющим лазерным комплексом
- если требуется установить драйвер электронного ключа защиты, то есть специальная подробная инструкция как это сделать
- программа работает из любого созданного каталога пользователем, не требует прав администратора Windows для работы, не вносит записей в реестр Windows
- программа работает с антивирусами и не требует дополнительных настроек антивирусных программ
- перед запуском программа проверяет свою целостность и актуальность созданных баз данных
- существуют три категории пользователей (защита паролем или электронным ключом):
  - администратор – может все – пуско-наладка, калибровка поля, лазера и видеокамеры и т.д.
  - технолог – имеет право на создание и редактирование программ/заданий на лазерную маркировку/резку, подбирает режимы лазерной маркировки/резки, без права перенастройки оборудования
  - исполнитель – имеет право выполнять конкретный набор программ/заданий, созданных технологом без возможности редактирования или создания новых программ/заданий, без прав технолога
- действия всех (опционально) пользователей записываются в зашифрованную базу данных (только чтение администратором или представителем ЦЛТ по паролю)
- учет отмаркированных изделий (выполненных программ/заданий) ведется в самостоятельной SQL базе данных с возможностью выгрузки данных (только чтение) уполномоченными пользователями по заданному фильтру в виде текстового файла, файла с разметкой CVS, XML, XLS и т.д.

При полном копировании каталога с программой для анализа аварийных завершений работы программы на территории исполнителя присутствуют все необходимые логи, дампы памяти и т.д.



## 7. Настройка оборудования

- предусмотрена возможность калибровки поля маркировки
- предусмотрена возможность калибровки выходной мощности лазерного излучения
- предусмотрена возможность калибровки коаксиальной/боковой камеры
- предусмотрена возможность задание параметров лазерного комплекса (тип лазера, размер поля маркировки, передаточные числа электромеханических осей значения скоростей маркировки и перебросов по умолчанию и т.д.), создание/удаление пользователей, наделение их соответствующими правами и т.д.

Коаксиальная камера (оптический тракт проходит через часть оптического тракта лазерного комплекса), видна ограниченная область поля маркировки в зависимости от углов поворота сканаторов. Боковая камера - видна область рядом с полем маркировки (для того, чтобы увидеть поле маркировки требуется фиксированный переезд электромеханическими осями) или закреплена под углом к полю маркировки и тогда видно все поле маркировки и переезд не требуется. В силу не идеальности оптических элементов, неизвестных углов наклона матрицы к полю маркировки и т.д. требуется размерное выправление изображения, получаемого с камеры. Всегда доступен актуальный (перезаписывается после каждого запуска программы) XML файл с человеко-читаемыми настройками оборудования, который предназначен для оперативного анализа ситуации, является копией текущих настроек и не принимает участия в работе конфигурации программы.

## 8. Скриптовая поддержка

- скрипт представляет собой максимально упрощенный и в тоже время полноценный язык программирования
- тип переменных не объявляется, у переменной только уникальное имя и интерпретируются как строка или вещественное число в процессе исполнения/интерпретации скрипта
- переменная может быть использована сразу, как только была введена
- предусмотрена возможность комментирования
- наличие классических циклов for/while/foreach по переменным
- наличие возможности создать собственные функции (с возможностью их рекурсивного вызова)
- наличие операторов ветвления if/else
- наличие операций сравнения чисел/строк
- наличие классических математических функций sin, cos, atan, sqrt, sqr и т.д.
- наличие классических функций работы со строками sub, mid и т. д.
- наличие классических функций для работы с файлами
- наличие возможности складывать строки, строки с числами
- наличие встроенных графических примитивов (вызов графического примитива приводит к созданию в области редактирования соответствующего графического примитива и соответственно в дереве задания). Примитивы включают в себя:
  - перемещение сканаторного луча в абсолютной/относительной системах координат
  - прямая линия в абсолютной/относительной системах координат

- окружность
- прямоугольник/скругленный прямоугольник
- TTF, OTF или SHX строка
- баркод/штрихкод
- импортированное векторное или растровое изображение
- текст по окружности
- счетчик
- и т.д – требуется уточнение
- создание замкнутого полигона для последующих операций заливки/операциями над полигонами
- наличие операций над графическими примитивами таких как:
  - объединение
  - пересечение
  - вычитание
  - исключающее или
- результатом является именованный графический примитив
- наличие операторов выравнивания
- синтаксический контроль и контроль исполнения
- наличие predefined переменных \$1, \$2, ... значения для которых берутся из внешних источников информации (файлы, базы данных и т. д.)

Например, скрипт `circle 10` приведет к созданию в текущей точке области редактирования, а также и самого задания на маркировку эллипса с равными осями по 5мм, который в последствии пользователь может перемещать/редактировать и т.д. так как бы он это делал при помощи мыши и выбрав в предметной области создание эллипса. Скрипт `for i = 1 to 5 circle i` создаст пять окружностей с общим центром и т. д.

- обратное преобразование (графической информации в скрипт) при изменении графического примитива в области редактирования пользователем в скрипт не предусмотрено

## 9. Электромеханические оси

- поддержка поиска ноля станка
- работа в относительной и абсолютной системах координат
- поддержка нолей деталей, создания точек привязки к деталям и т.д.
- отображение относительной и абсолютной координат текущего положения электромеханических осей
- поддержка вращателя
- поддержка энкодеров с отображением относительной и абсолютной координаты текущего положения электромеханических осей, полученных с энкодера

При использовании маркировки совместно с электромеханическими осями предусмотрена операция программной минимизации переездов электромеханическими осями (на усмотрение пользователя).