

# РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КИНЕМАТИКИ ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА ЛАЗЕРНОГО РЕЗАКА С ПОМОЩЬЮ ГЛАДКИХ КРИВЫХ

Воронежский Государственный Университет  
Выполнил - Боев Алексей Юрьевич  
Факультет Прикладной Математики Механики и Информатики  
Направление Механика и Математическое Моделирование  
Научный руководитель - Яковлев Александр Юрьевич

2021

# СОДЕРЖАНИЕ

- Введение и актуальность
- Постановка задачи
- Различные подходы к решению задачи
- Инструментарий и ПО
- Результаты эксперимента
- Сравнительный анализ и вывод

# ВВЕДЕНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ

- Большинство двухкоординатных станков работает с чертежами созданными в программах по типу AutoCAD или SolidWorks и эти программы в свою очередь создают файлы в формате .dwg, .svg, .dxf и им подобных.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<svg width="198" height="188"

    viewBox="0 0 198 188"

    version="1.1"

    baseProfile="full"

    xmlns="http://www.w3.org/2000/svg"
    xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
    xmlns:ev="http://www.w3.org/2001/xml-events">
  <g id="Page-1" stroke="none" stroke-width="1" fill="none" fill-rule="even-
  odd">
    <polygon id="Star-1" stroke="#979797" stroke-width="3" fill="#F8E81C"
      points="99 154 40 185 51 119 4 73 69 64 99 3 128 64 194 73 147 119 158
185 ">    </polygon>
    </g>
  </svg>
```

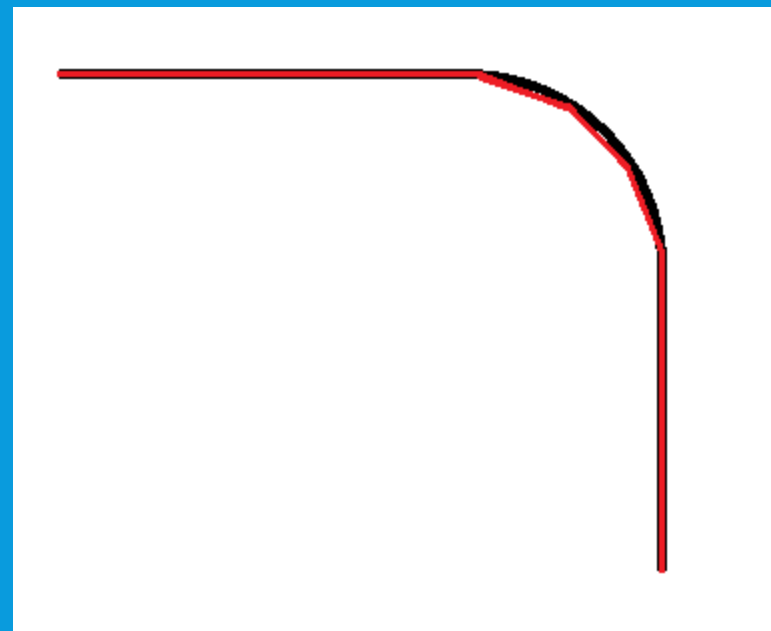
# ВВЕДЕНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ

- Такой способ представления чертежей сейчас используется во всех любительских и промышленных машинах и он полезен тем, что его можно масштабировать без потери качества, он занимает мало объема на жестких дисках и легко поддается редактированию, но это создаёт некоторые трудности при интерпретации чертежа в команды G-code для микроконтроллеров ЧПУ станков.

```
read.c x read.ngc x
1 (GROTIUS CNC MACHINES B.V. 2019 DXF2GCODE C-coded Converter)
2 G21 (Units: Metric)
3 G40 (Compensation off)
4 G90 (Absolute distance mode)
5 F1 (Feed)
6 S10 (Power)
7 G64P0.01 (Accuracy)
8 #1 = #<_hal[feed]> (G1 Feedrate)
9 #2 = #<_hal[power]> (Plasma Power)
10
11 F#<_hal[feed]>
12 S#<_hal[power]>
13
14
15
16 G01 X0.000000 Y0.000000 Z0.000000
17 G01 X100.000000 Y0.000000
18 G01 X100.000000 Y0.000000 Z0.000000
19 G01 X100.000000 Y100.000000
20 G01 X100.000000 Y100.000000 Z0.000000
21 G01 X0.000000 Y100.000000
22 G01 X0.000000 Y100.000000 Z0.000000
23 G01 X0.000000 Y0.000000
24 G02 X50.000000 Y50.000000 Z0.000000 I-25.000000
25 G02 X15.000000 Y15.000000 Z0.000000 I-7.500000
26 G01 X10.000000 Y90.000000 Z0.000000
27 G01 X20.000000 Y90.000000
28 G01 X20.000000 Y90.000000 Z0.000000
29 G01 X20.000000 Y80.000000
30 G01 X20.000000 Y80.000000 Z0.000000
31 G01 X10.000000 Y80.000000
32 G01 X10.000000 Y80.000000 Z0.000000
33 G01 X10.000000 Y90.000000
34 G01 X110.000000 Y0.000000 Z0.000000
35 G01 X210.000000 Y0.000000
36 G01 X210.000000 Y0.000000 Z0.000000
37 G01 X210.000000 Y100.000000
38 G01 X210.000000 Y100.000000 Z0.000000
39 G01 X110.000000 Y100.000000
40 G01 X110.000000 Y100.000000 Z0.000000
41 G01 X110.000000 Y0.000000
42 G02 X50.000000 Y160.000000 Z0.000000 I-25.000000
43 G02 X15.000000 Y125.000000 Z0.000000 I-7.500000
44 G01 X120.000000 Y90.000000 Z0.000000
```

# ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Необходимо решить проблему "срезания углов" и неточного движения по скруглённым траекториям.



Пример того как срезается угол, красная линия - траектория движения инструмента.

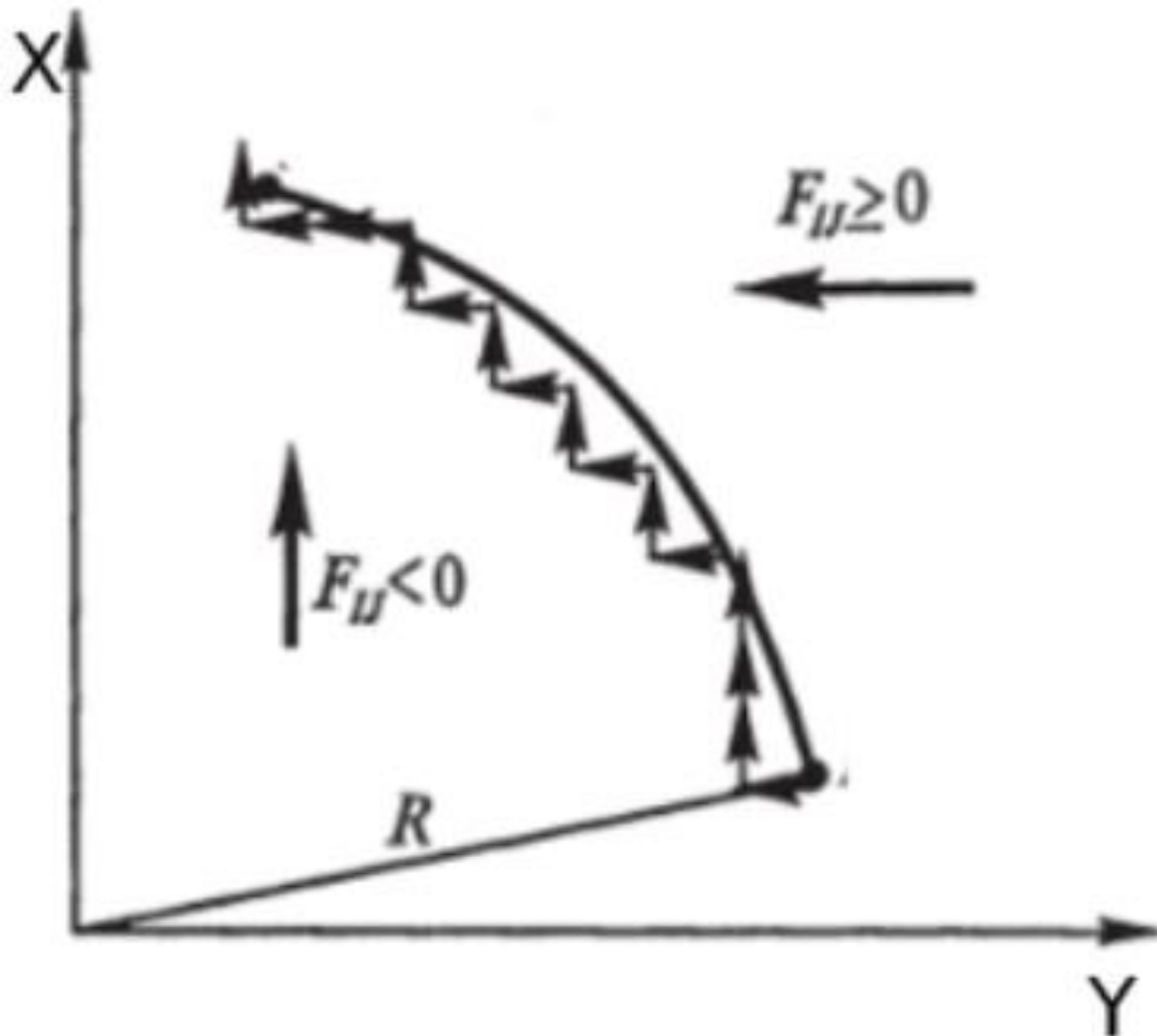
# РАЗЛИЧНЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ *МЕТОД МНОГОУГОЛЬНИКОВ*

Не смотря на то что этот способ очень простой для понимания, он очень требователен к вычислительной мощности, и только на высокопроизводительных машинах получится добиться визуально гладкого результата.



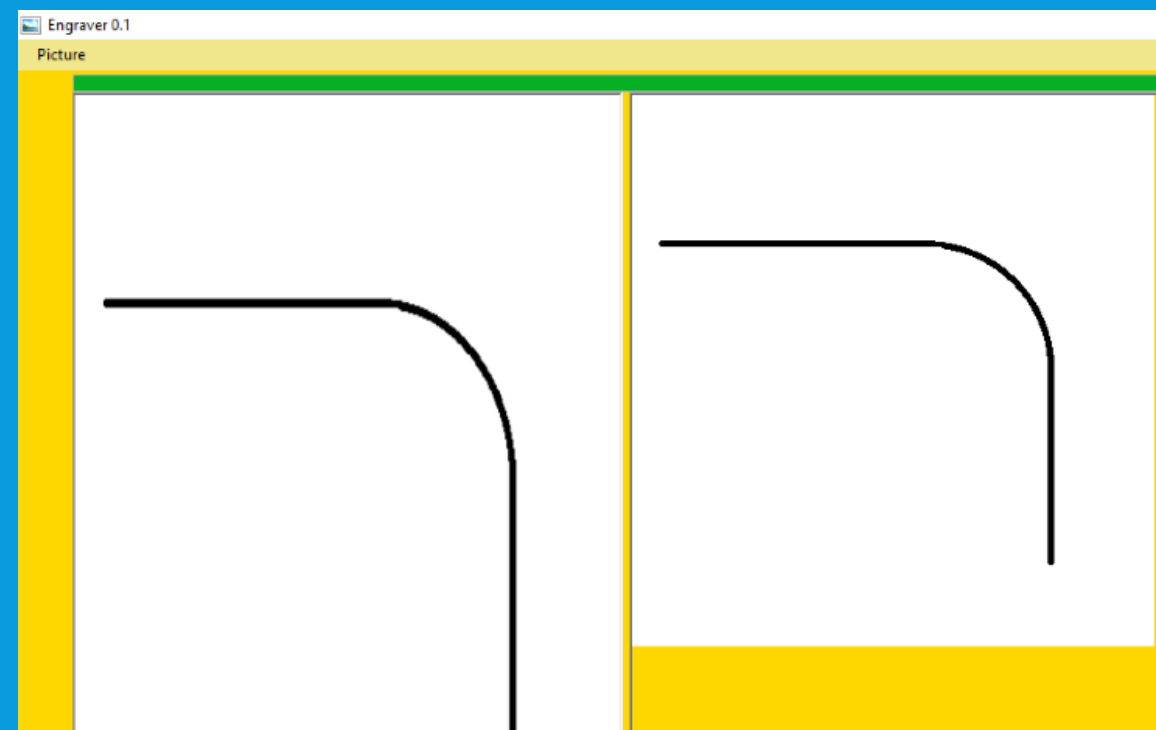
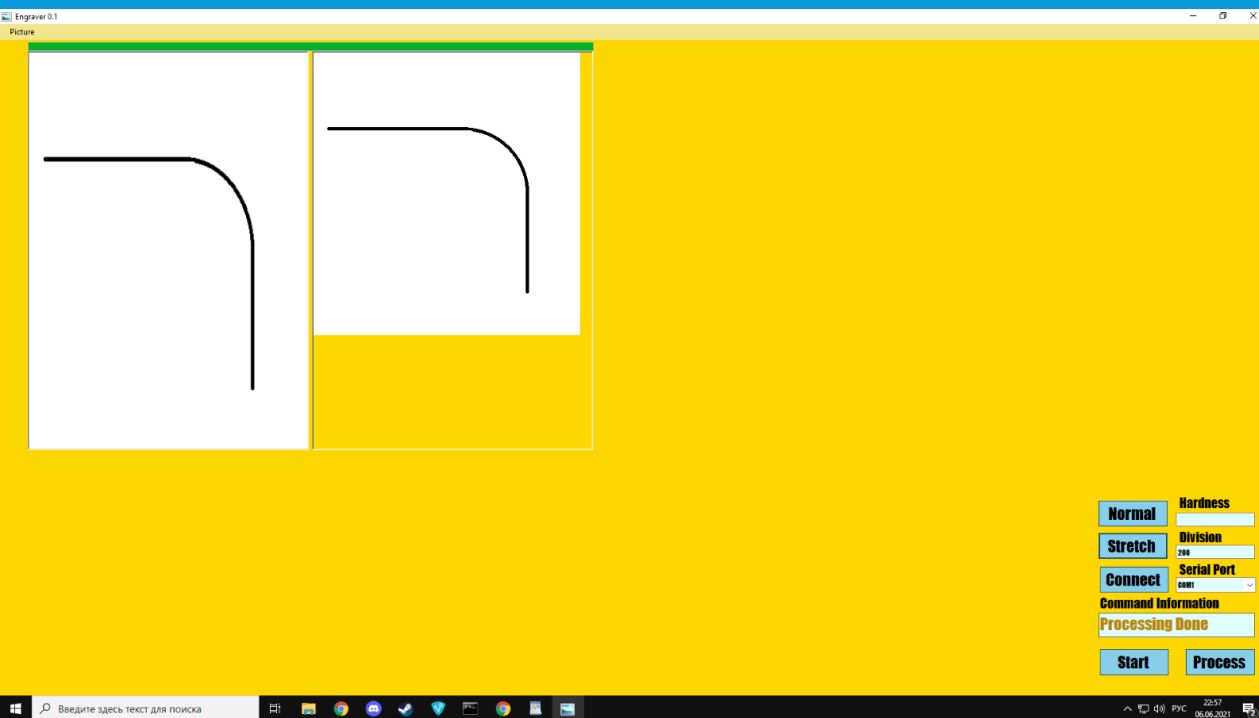
# РАЗЛИЧНЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД

Этот способ  
сильно  
сокращает  
объемы  
информации  
вводимые в  
устройство ЧПУ.



# РАЗЛИЧНЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ *НЕ ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫЕ*

- ❖ Геометрический метод заключается в том, что найдя длину дуги и радиус, мы можем вычислить координаты по формуле угла сектора и радиуса.
- ❖ Графический метод заключается в конвертировании чертежа в графический файл, png, jpg, bmp. А затем на основе пикселей построить траекторию.





# ИНСТРУМЕНТАРИЙ И ПО



- 2- Шаговых двигателя 17HS3001
- 2- драйвера a4988
- 2- зубчатых ремня 1/16
- 2- зубчатых шестерни на 32 зуба
- 4- гладких вала 8мм
- 6- скользящих подшипников LM8UU
- 2- фланцевых миниатюрных подшипника
- 1- плата Arduino uno rev 3
- 1- лист фанеры
- 2- концевых выключателя мц10
- 1- кулер 2Вт
- 1- лазер - твердотельный полупроводниковый диод 2000мВт
- 1- драйвер лазера NDB7A75
- 1- блок питания 12в
- Набор деталей сделанных на 3д принтере Все модели сделаны в Autodesk 123D Design.
- Провода, конденсаторы разной емкости и резисторы, usb/com коннектор

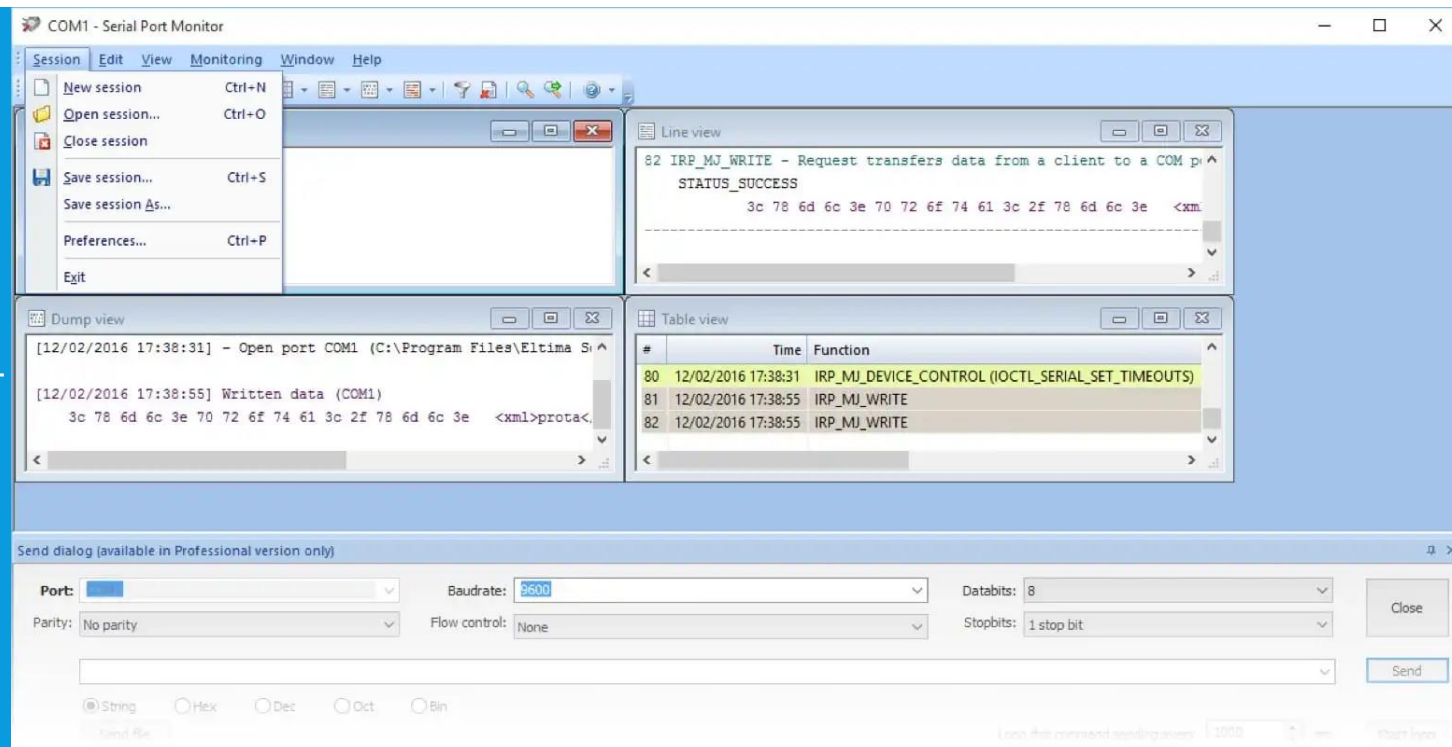
# ИНСТРУМЕНТАРИЙ И ПО

Помимо программы для графической обработки и прошивки мы также будем пользоваться Notepad++ для написания скриптов, а также программой Serial Port Monitor.

Компьютер который мы будем использовать для создания строк команд и обработки файлов, имеет следующие интересующие нас параметры:

Оперативная память 16гб  
Процессор Ryzen 3500x 4.4 гГц  
ОС Windows 10

Видеокарта и другие составляющие компьютера влияют на скорость обработки данных незначительно.



Рабочее окно SPR

# РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА



Графический(растровый)



Геометрический



Интерполяционный



Метод многоугольников

Метод	Время обработки	Время выполнения	Оценка качества
Метод многоугольников	34 секунды	40 секунд	Высокое
Круговая интерполяция	6 секунд	43 секунды	Высокое
Графический метод	12 секунд	4 минуты 27 секунд	Среднее
Геометрический метод	4 секунды	25 секунд	Низкое

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ВЫВОД

## Список литературы

- Модулятор Лазерного излучения  
Е.И. Тренкаль, А.А. Бамбизов, К.Ю. Осипов
- Уральский Федеральный университет им. Б.Н. Ельцина  
«УПИ» Правильный учет величины и характера нагрузок и условий работы
- Grbl by Simen Svale Skogsrud
- <https://wiki.eltima.com> Serial Port Monitor User Guide, Eltima IBC
- Лазерный гравер: основы практического использования, Артем Корнишин, журнал LASERCUT
- Методы интерполяции в техническом диагностировании, Твердохлебов В.А. институт РАН. г Саратов.

- В результате выполненной работы можно выделить плюсы разных подходов.
- Распространение ЧПУ станков с каждым годом растёт, и использование новых методов для решения кинематических проблем при движения по кривым поможет добиться большей точности и избавить эту отрасль от использования высокопроизводительных машин.

Выполнил Боев А.Ю.  
Спасибо за внимание