

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»  
(СГТУ имени Гагарина Ю.А.)  
САРАТОВСКИЙ КОЛЛЕДЖ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИКИ**

«СОГЛАСОВАНО»  
Решением П(Ц)МК  
Протокол № \_\_\_\_\_  
от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заместитель директора по УР  
\_\_\_\_\_ С.В. Ключкина  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

***Методические рекомендации для студентов по  
проведению практических работ  
по дисциплине «Программирование ЧПУ для автоматизированного  
оборудования»  
для специальности  
15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических  
процессов и производств (по отраслям)***

Саратов, 2019

Разработал преподаватель СКМ и Э ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А»  
**Карпеева Е.В.**

Данные методические рекомендации предназначены для студентов 4 курса, специальности **15.02.14** Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям).

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Общие сведения .....                                                                                            | 4  |
| Практическая работа 1. Кинематика резания .....                                                                 | 5  |
| Практическая работа 2. Знакомство с программной средой Sinutrain .....                                          | 11 |
| Практическая работа 3. Создание управляющей программы для обработки<br>деталей на станке фрезерной группы ..... | 16 |
| Практическая работа 4. Программирование контура обрабатываемой дета-<br>ли .....                                | 20 |
| Практическая работа 5. Программирование обработки заготовки по траек-<br>тории, заданной уравнениями .....      | 23 |
| Литература .....                                                                                                | 27 |

## **Введение**

Практические занятия, как виды учебных занятий, направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений и составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки. Семинар является видом практических занятий.

В процессе практического занятия обучающиеся выполняют одно или несколько практических заданий под руководством преподавателя в соответствии с изучаемым содержанием учебного материала.

Выполнение обучающимися практических занятий проводится с целью:

- формирования практических умений в соответствии с требованиями к уровню подготовки обучающихся, установленными рабочей программой дисциплины по конкретным разделам/ темам дисциплины;
- обобщения, систематизации, углубления, закрепления полученных теоретических знаний;
- совершенствования умений применять полученные знания на практике, реализации единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развития интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработки таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива при решении поставленных задач при освоении общих компетенций.

### **Цель практических занятий**

В результате освоения учебной дисциплины «Программирование ЧПУ для автоматизированного оборудования» обучающийся должен **уметь:**

- использовать справочную и исходную документацию при написании управляющих программ (УП);
- рассчитывать траекторию и эквидистанты инструментов, их исходные точки, координаты опорных точек контура детали;
- заполнять формы сопроводительной документации;
- заносить УП в память системы ЧПУ станка;
- производить корректировку и доработку УП на рабочем месте;

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать:**

- методы разработки и внедрения управляющих программ для обработки простых деталей в автоматизированном производстве.

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на подготовку студентов

к освоению профессионального модуля основной профессиональной образовательной программы по специальности и овладению профессиональными компетенциями:

- ПК 1.2 Разрабатывать виртуальную модель элементов систем автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания.
- ПК 1.3 Проводить виртуальное тестирование разработанной модели элементов систем автоматизации для оценки функциональности компонентов.
- ПК 1.4. Формировать пакет технической документации на разработанную модель элементов систем автоматизации.
- ПК 2.1 Осуществлять выбор оборудования и элементной базы систем автоматизации в соответствии с заданием и требованием разработанной технической документации на модель элементов систем автоматизации.
- ПК 2.3. Проводить испытания модели элементов систем автоматизации в реальных условиях с целью подтверждения работоспособности и возможной оптимизации.
- ПК 4.2. Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения

А также формированию общих компетенций:

ОК 1 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.

ОК 2 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК 4 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 5 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 6 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.

ОК 7 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

ОК 8 Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.

ОК 9 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и

иностранных языках.

ОК 11 Планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

Критерии оценки выполнения практической и лабораторной работы:

| № | Критерии оценки                                                                                                                                                                  | Оценка              |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1 | Студент выполнил работу полностью, проявил самостоятельность, активность, при защите работы ответил на все вопросы                                                               | Отлично             |
| 2 | Студент выполнил работу полностью, проявил самостоятельность, активность, при защите ответил не на все вопросы                                                                   | Хорошо              |
| 3 | Студент выполнил работу полностью, при выполнении работы проявил недостаточную самостоятельность, пользовался помощью преподавателя, при защите работы ответил не на все вопросы | Удовлетворительно   |
| 4 | Студент не закончил выполнение работы, самостоятельности при выполнении работы не проявил, на вопросы при защите не ответил                                                      | Неудовлетворительно |

### Организация практического занятия

Практическое занятие должно проводиться в учебных кабинетах или специально оборудованных помещениях (площадках, полигонах и т.п.) - кабинет (В соответствии с УП).

В соответствии с требованиями ФГОС СПО 15.02.14 «Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств» реализация ППСЗ должна обеспечивать выполнение обучающимися и практических занятий, включая как обязательный компонент *практические занятия*. (с использованием персональных компьютеров).

Выполнению практических занятий предшествует проверка знаний обучающихся - их теоретической готовности к выполнению задания.

Практические занятия могут носить репродуктивный, частично-поисковый и поисковый характер.

Работы, носящие *репродуктивный характер*, отличаются тем, что при их проведении обучающиеся пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы,

пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие *частично-поисковый характер*, отличаются тем, что при их проведении обучающиеся не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и они требуют от обучающихся самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др.

Работы, носящие *поисковый характер*, характеризуются тем, что обучающиеся, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания, должны решить новую для них проблему.

При планировании практических занятий необходимо находить оптимальное соотношение репродуктивных, частично-поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации обучающихся при проведении практических занятий - фронтальная, групповая и индивидуальная.

При *фронтальной форме* организации занятий все обучающиеся выполняют одновременно одну и ту же работу.

При *групповой форме* организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2 - 5 человек.

При *индивидуальной форме* организации занятий каждый обучающийся выполняет индивидуальное задание.

Для повышения эффективности проведения практических занятий рекомендуется:

- разработка сборников задач, заданий и упражнений;
- разработка контрольно-диагностических материалов для контроля за подготовленностью обучающихся к практическим занятиям, в том числе в форме педагогических тестовых материалов для автоматизированного контроля;
- подчинение методики проведения практических занятий ведущим дидактическим целям с соответствующими установками обучающимся;
- применение коллективных и групповых форм работы, максимальное использование индивидуальных форм с целью повышения ответственности каждого обучающегося за самостоятельное выполнение полного объема работ;
- проведение практических занятий на повышенном уровне трудности с включением в них заданий, связанных с выбором обучающимися условий выполнения работы, конкретизацией целей, самостоятельным отбором необходимого оборудования;

- подбор дополнительных задач и заданий для обучающихся, работающих в более быстром темпе, для эффективного использования времени, отводимого на практические занятия.

Методические рекомендации к практическим работам разработаны на основе рабочей программы дисциплины «Программирование ЧПУ для автоматизированного оборудования».

Содержание практических работ ориентировано на подготовку студентов к освоению дисциплины «Программирование ЧПУ для автоматизированного оборудования» основной профессиональной образовательной программы по специальности 15.02.14 «Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств» и овладению профессиональными компетенциями.



## **Общие сведения**

Современные металлорежущие станки – это высокоразвитые машины, включающие большое число механизмов и использующие механические, электронные, гидравлические, пневматические и другие методы осуществления движений и управления циклом. По конструкции и назначению трудно найти более разнообразные машины, чем металлорежущие станки. На них обрабатывают всевозможные детали – от мельчайших элементов часов и приборов до деталей, размеры которых достигают многих метров, – турбин, прокатных станков, теплоходов.

На станках обрабатывают и простые цилиндрические, и поверхности, описываемые сложными математическими уравнениями или заданные графически, например, для криволинейных кулачков, турбинных лопаток, штампов, лопастей винтов. На станках обрабатываются детали из сталей и чугунов, из цветных, специальных жаропрочных, легких, твердых и других сплавов, из пластмасс, дерева, кварца, ферромагнитных сплавов и других материалов.

Все большее развитие получают станки с программным управлением, в том числе многоцелевые, обеспечивающие высокую мобильность производства, точность и производительность обработки. Автоматика все шире применяется не только для повышения производительности процесса обработки, но и для получения его высоких качественных показателей. Управление от ЭВМ группой станков, возможность оптимизировать процесс обработки и автоматически устанавливать необходимые режимы обработки с учетом изменяющихся условий также характерно для автоматических систем современных станков.

При создании новых станков используются достижения станкостроительной промышленности и науки. Например, на конструкцию станка влияет создание новых типов электродвигателей (высокомоментных, линейных), появление новых датчиков (преобразователей) положения, совершенствование электрогидравлической и оптической аппаратуры, создание новых методов управления от специализированных ЭВМ и т. д. Микропроцессорные устройства управления превращают станок в станочный модуль, сочетающий гибкость и универсальность с высоким уровнем автоматизации.

Современные металлорежущие станки обеспечивают исключительно высокую точность обработанных деталей. Ответственные поверхности наиболее важных деталей машин и приборов обрабатывают на станках с погрешностью в долях микрометров, а шероховатость поверхности при алмазном точении не превышает сотых долей микрометра. Требование к точности постоянно растут, и это, в свою очередь, ставит новые задачи перед инженерами-конструкторами.

# Практическая работа 1

## Кинематика резания

*Цель работы:* изучить основные виды и кинематические схемы обработки резанием.

Оборудование, инструменты, заготовки:

- токарно-винторезный станок модели IK62;
- токарно-затыловочный станок модели ДН169;
- радиально-сверлильный станок модели RF3I;
- плоско-шлифовальный станок модели 3Г7I;
- универсально-заточной станок модели 3В642;
- зубодолбежный станок модели 514;
- зубофрезерный полуавтомат модели 5П23А;
- зубострогальный станок модели 526А;
- универсально- фрезерный станок модели 6Н8I;
- поперечно- строгальный станок модели 7А36;
- комплекты металлорежущих инструментов;
- комплекты заготовок.

### 1.1 Краткие теоретические сведения

Кинематика резания рассматривает движение, которые действуют в процессе резания во время рабочего цикла, с момента, когда лезвие вступает в контакт с металлом заготовки, и до момента, когда контакт лезвия с заготовкой прекращается. Для осуществления резания необходимо относительное движение между заготовкой и режущим инструментом. Совокупность относительных движений инструмента и заготовки, необходимых для получения заданной поверхности, называют кинематической схемой обработки. Все принципиальные схемы обработки резанием основных на сочетании двух элементарных движений – вращательного и прямолинейного. В зависимости от количества и характера сочетаемых элементарных движений кинематические схемы резания были систематизированы по группам:

- одно прямолинейное движение;
- два прямолинейных движения;
- одно вращательное движение;
- одно вращательное и одно прямолинейное движение;
- два вращательных движения;
- два прямолинейных и одно вращательное движение;
- два вращательных и одно прямолинейное движение;
- три вращательных движения.

При обработке резанием различают главное движение резания и движение подачи (рис.1).

**Главное движение резания  $D_r$**  – прямолинейное поступательное или вращательное движение заготовки или режущего инструмента, происходящее с наибольшей скоростью в процессе резания. Скорость главного движения  $V$  – скорость рассматриваемой точки режущей кромки или заготовки в главном движении резания.

**Движение подачи  $D_s$**  – прямолинейное поступательное или вращательное движение режущего инструмента или заготовки, скорость которого меньше скорости главного движения резания, предназначенное для того, чтобы распространить отделение слоя материала на всю обрабатываемую поверхность. Скорость движения подачи  $V_s$  – скорость рассматриваемой точки режущей кромки или заготовки в движении подачи.

**Подача  $S$**  – отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точкой режущей кромки или заготовки вдоль траектории этой точки в движении подачи, и соответствующему числу циклов или определенных долей другого движения во времени резания или к числу цикла этого другого движения. Под циклом движения понимают полный оборот, ход или двойной ход режущего инструмента или заготовки. Долей цикла является часть оборота, соответствующая угловому шагу зубьев режущего инструмента. Под ходом понимают движение в одну сторону при возвратно – поступательном движении.

**Подача на оборот  $S_0$**  – подача, соответствующая одному обороту инструмента или заготовки. **Подача на зуб  $S_z$**  – подача, соответствующая повороту инструмента или заготовки на один угловой шаг зубьев режущего инструмента. **Подача на ход  $S_x$**  – подача, соответствующая одному ходу заготовки или инструмента. **Подача на двойной ход  $S_{2x}$**  – подача, соответствующая одному двойному ходу заготовки или инструмента.

Движения подачи могут различаться по направлениям (рис. 1.2). Так, при точении перемещение резца параллельно оси заготовки называют подачей  $S_{пр}$  (рис.1.2, а), а перпендикулярно оси поперечной  $S_{поп}$  (рис.1.2, б). При этом образуется соответственно деталь цилиндрической формы или плоскость, перпендикулярная к оси центров. Фасонные резцы при поперечной подаче создают различные поверхности вращения (рис.1.2, в). При перемещении резца под некоторым углом к оси центров образуется коническая поверхность (рис.1.2, г). Перемещение резца может осуществляться по заданной кривой по программе или по копиру в плоскости, проходящей через ось центров, при этом получается поверхность с криволинейной образующей (рис.1.2, д).

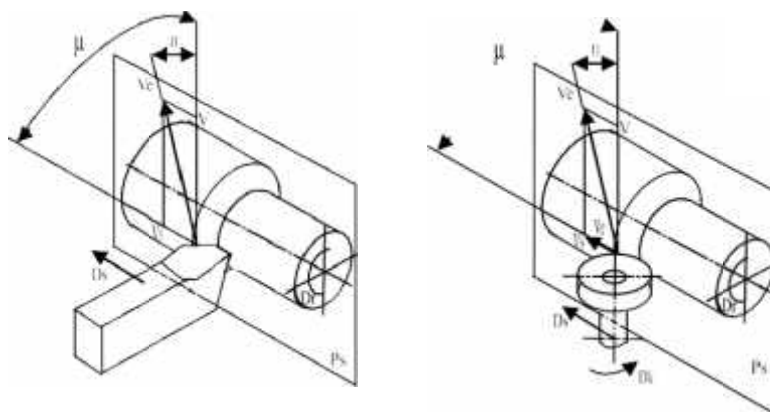
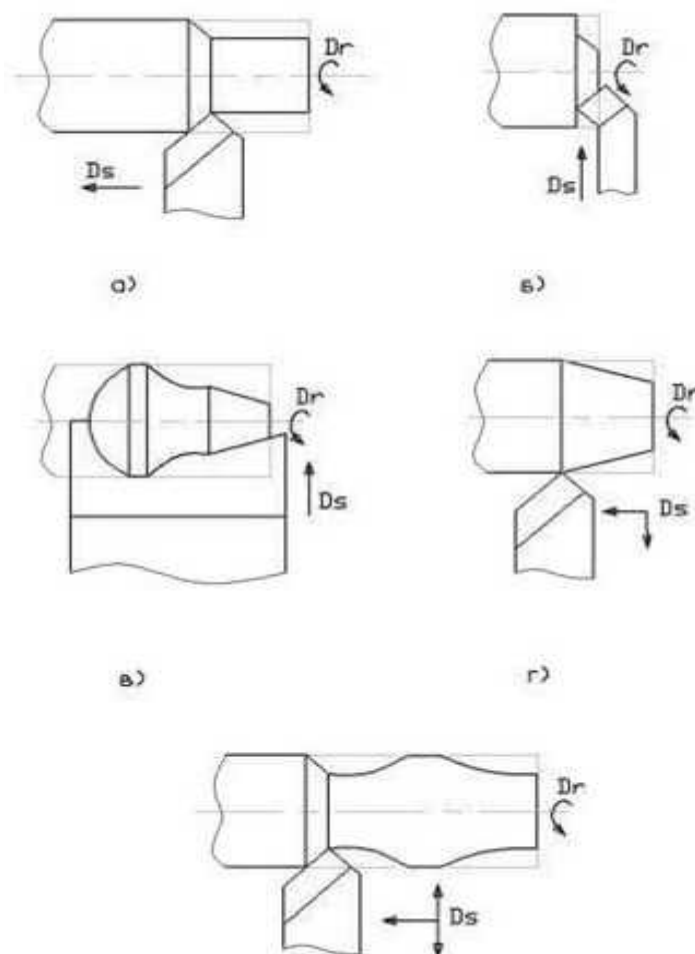


Рисунок 1. 1 – Элементы движений в процессе резания при точении



а – цилиндрической; б-торцевой; в-фасонной; г-конической;  
д-криволинейной

Рисунок 1. 2 – Кинематические схемы резания при обработке различных поверхностей точением

**Касательное движение  $D_k$** – прямолинейное поступательное или вращательное движение режущего инструмента, скорость которого меньше главного движения резания и направлена по касательной к режущей кромке, предназначенной для того, чтобы сменять контактирующие с заготовкой участки режущей кромки. Скорость касательного движения  $V_k$ – скорость рассматриваемой точки режущей

кромки или заготовки в касательном движении.

**Результирующее движение резания  $D_e$**  – суммарное движение режущего инструмента относительно заготовки, включающее главное движение резания, движение подачи и касательное движение. Скорость результирующего движения резания  $V_e$  – скорость рассматриваемой точки режущей кромки в результирующем движении резания.

**Рабочая плоскость  $P_s$**  – плоскость, в которой расположены направления скоростей главного движения резания и движения подачи.

**Угол скорости резания  $\eta$**  – угол в рабочей плоскости между направлениями скоростей результирующего движения резания и главного движения резания.

**Угол подачи  $\mu$**  – угол в рабочей плоскости между направлениями скоростей движения подачи и главного движения резания.

Классификация видов резания проводится по следующим отличительным признакам:

- по характеру выполняемой операции – точение, фрезерование, растачивание, сверление, развертывание, зенкерование, строгание, долбление, зубострогание, протягивание и др;

- по количеству участвующих в резании кромок – свободное и несвободное. При свободном резании в работе принимает участие только одна главная режущая кромка. При несвободном резании в работе принимают участие кроме главной режущей кромки, вспомогательная режущая кромка и вершина лезвия;

- по ориентации главной режущей кромки относительно вектора скорости главного движения резания – прямоугольное и косоугольное. Если главная режущая кромка перпендикулярна к направлению главного движения резания, оно является прямоугольным, а если не перпендикулярна – косоугольным;

- по количеству одновременно участвующих в работе лезвий одно – и многолезвийное. К первому виду относятся, например, точение, строгание, долбление; ко второму – сверление, фрезерование, зенкерование и т.д;

- по форме сечения среза – с постоянным и переменным сечениями. К первому виду относятся, например, точение, сверление, строгание; ко второму – фрезерование, шлифование;

- по времени контакта лезвия с заготовкой – непрерывное и прерывистое. Первый вид характеризуется непрерывным контактом рабочих поверхностей лезвия с заготовкой; прерыв наступает только при переходе к обработке другой поверхности или другой заготовки. Прерывистый процесс резания осуществляется путем периодического повторения цикла «резание – отдых лезвия».

## **1.2 Порядок выполнения работы**

- изучить определения основных кинематических элементов и характеристик резания;
- изучить классификацию и определения видов резания;
- произвести обработку поверхностей на различных типах металлорежущего оборудования, определить вид резания и основные движения режущего инструмента из заготовки;
- выполнить эскизы кинематических схем обработки, на которых показать тип станка, операцию, вид резания и группу кинематической схемы;
- сделать выводы о влиянии сложности кинематической схемы обработки на технологические возможности металлорежущего станка.

## **1.3 Содержание отчета**

- наименование работы;
- цель работы;
- оборудование, инструменты, заготовки;
- эскизы кинематических схем обработки с необходимыми обозначениями и пояснениями;
- выводы по работе.

## **1.4 Контрольные вопросы**

- 1 Определение основных кинематических элементов и характеристик резания. Обозначения.
- 2 Классификация и определения видов резания.
- 3 Группы кинематических схем резания.

## **Практическая работа 2**

### **Знакомство с программной средой Sinutrain**

*Цель работы:* изучить назначение, устройство, технические возможности и практическое применение устройства ЧПУ SINUMERIK 840D. Научится применять на компьютере обучающую программу-эмулятор ЧПУ Sinutrain. Запуск программы Sinutrain.

### **2.1 Краткие теоретические сведения**

SINUMERIK 840D – это система управления ЧПУ для обрабатывающих станков, предлагающая благодаря модульности, открытости и убедительной унифицированной структуре значительные возможности при

управлении, программировании и визуализации. SINUMERIK 840D представляет собой системную платформу с основополагающими функциями практически для всех технологий (рис.2.1). В комбинации с линейкой приводов SIMODRIVE 611 digital и расширением на систему автоматизации SIMATIC S7-300 SINUMERIK 840D образует цифровую комплексную систему, подходящую прежде всего для сложных задач обработки и характеризующуюся высокой динамикой и точностью.



*Рисунок 2.1– Общий вид устройства ЧПУ SINUMERIK 840D*

SINUMERIK 840D используется в технологиях: токарная обработка, сверление, фрезерование, шлифование, лазерная обработка, вырубка, штамповка, в изготовлении инструмента и форм, как управление для прессов, в приложениях High-Speed-Cutting, а также в обработке дерева и стекла, в манипуляторах, на автоматических линиях и агрегатных станках, а также в крупносерийном производстве и производстве JobShop.

SINUMERIK 840D объединяет на одном модуле NCU задачи ЧПУ, PLC и коммуникации. Высокопроизводительный многопроцессорный модуль NCU после установки в NCU-Box напрямую интегрируется в цифровую линейку приводов SIMODRIVE 611, при этом он размещается справа рядом с модулем E/R. Все NCU имеют подключение 4-х быстрых цифровых входов/выходов ЧПУ уже onboard. Другие быстрые входы/выходы могут быть подключены через терминальные блоки NCU на приводной шине.

К устройству могут быть подключены следующие компоненты:

- SINUMERIK панель оператора с PCU и станочный пульт;
- панель SIMATICCE;
- SIMATICOP7/OP17;
- SINUMERIK кнопочная панель;
- SINUMERIK РПУ типа В-MPI;
- SINUMERIK Handheld Terminal HT6;
- SINUMERIK Мини-РПУ;
- периферия SIMATIC S7-300;
- SINUMERIK модуль простой периферии EFP;

- SINUMERIK Терминальный блок NCU с компактными модулями DMP;
- 2 маховичка, 2 измерительных щупа и по 4 быстрых входов/выходов ЧПУ через кабельный распределитель;
- децентрализованная периферия PLC через подключение PROFIBUS DP;
- линейка приводов SIMODRIVE 611digital;
- программатор;
- двигатели SIMODRIVE 1FK, 1FT, 1FN, 1FW, 1PH, 1FE1, 2SP1 и 1LA.

ПО (SinuTrain/JobShop) предназначено для создания и симуляции программ ЧПУ на PC на базе языка программирования DIN 66025, а также продуктов ShopMill, ShopTurn и ManualTurn + языковые команды типа SINUMERIK 810D, 840D, 840Di.

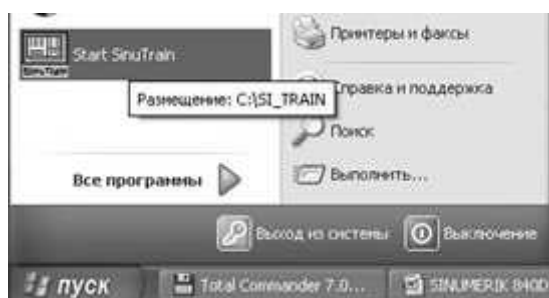


Рисунок 2.2 – Окно запуска программного обеспечения

Запускается программное обеспечение через иконку на рабочем столе или через строку стартового меню (рис.2.2).

В следующем окне существует выбор между двумя технологиями (фрезерная/токарная обработка) и типом управления инструментом (рис.2.3).



Рисунок 2.3 – Окно выбора технологической операции

Основные функции программы делятся на следующие рабочие зоны в управлении, представленные в таблице 2.1.



Таблица 2.1 – Рабочие зоны

| Раб. зона   | Назначение                                              |
|-------------|---------------------------------------------------------|
| СТАНОК      | Выполнение программ детали, ручное управление           |
| ПАРАМЕТРЫ   | Редактирование данных программ, управление инструментом |
| ПРОГРАММА   | Разработка и адаптация программ детали                  |
| СЕРВИС      | Считывание/запись программ и данных                     |
| ДИАГНОСТИКА | Аварийные и сервисные сообщения                         |
| ПУСК        | Адаптация CNC данных к станку                           |
| СОЕДИНЕНИЕ  | Установка линии связи                                   |

После включения СЧПУ находится в области управления «СТАНОК» (MACHINE) (рис.2.4).

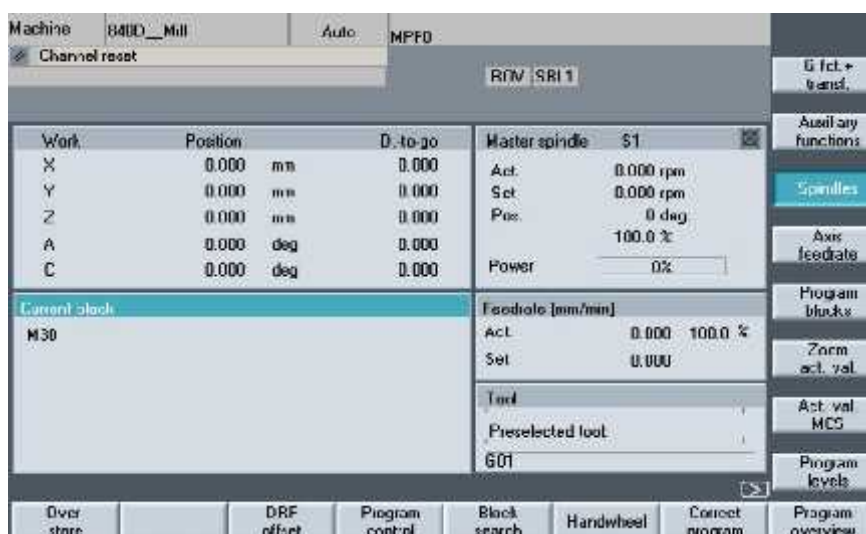


Рисунок 2.4 – Окно рабочей зоны СТАНОК

В активной области «СТАНОК» осуществляется непосредственное управление станком. Здесь можно перемещать оси вручную, осуществлять касание или запускать выполнение программ ЧПУ.

Рабочая зона Станок состоит из всех функций и переменных управления, которые запускают действия на станке и определяют состояние. Зона Станок имеет 3 режима:

- Jog(Ручной);
- MDA(Преднабор);
- Automatic(Автомат).

NC-управления:

- перемещение инструментов;
- перемещение детали ит.д.

В основном дисплее режима Ручной отображаются позиция, скорость подачи, значения шпинделя и инструмента.

В режиме "MDA (Преднабор)" можно записать и запустить программу детали по блокам. Можно ввести необходимые перемещения как блоки



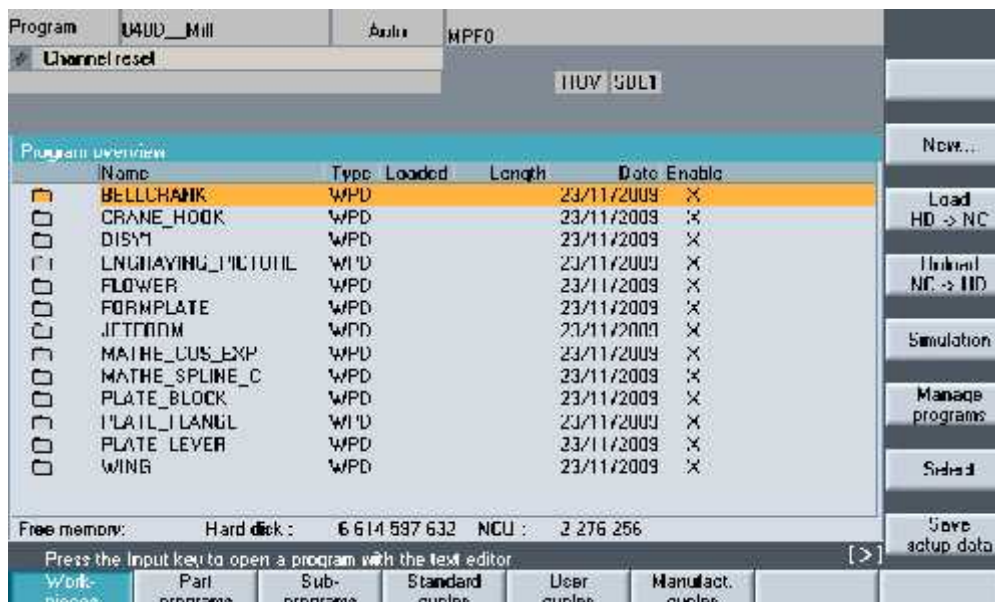


Рисунок 2.6 – Окно рабочей зоны ПРОГРАММЫ

В области управления «ПРОГРАММЫ» (Program) осуществляется запись и симулирование программ ЧПУ. Главные программы и подпрограммы сохраняются в памяти программы. Кроме этого имеется множество типов файлов, которые могут быть в буферах и переданы (например для инициализации) в рабочую память.

Следующие типы файлов могут храниться в памяти программы:

- имя.MPF – главная программа;
- имя.SPF – подпрограмма;
- имя.TEA – данные станка;
- имя.SEA – установочные данные;
- имя.TOA – смещение инструмента;
- имя.UFR – смещение нуля / рамки;
- имя.INI – инициализация;
- имя.GUD – глобальные данные пользователя;
- имя.COM – комментарии;
- имя.DEF – определение глобальных данных пользователя и макро-

сы.

Не только файлы, но и директории могут иметь расширение:

– имя.DIR – общая директория включает программу и модули данных, дополнительные директории и другие директории с расширением DIR;

– имя.WPD – директория детали содержит программу и модули данных, которые относятся к детали. (Он не должен включать другие директории с расширением DIR или WPD.);

– имя.CLP – все файлы и типы директорий могут быть созданы и сохранены здесь. Окно рабочей зоны СЕРВИС приведено на рис. 2.7.

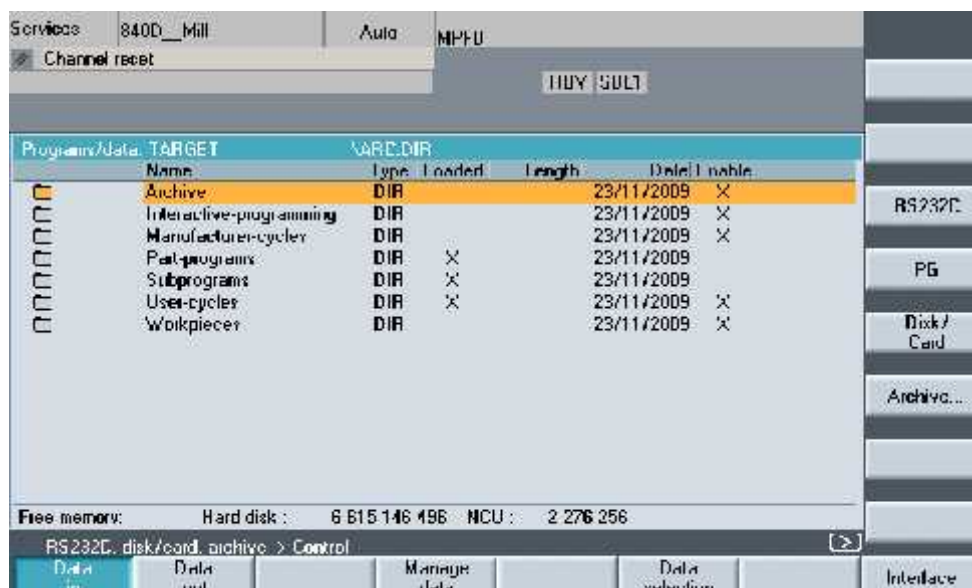


Рисунок 2.7 – Окно рабочей зоны СЕРВИС

В активной области управления «СЕРВИС» (Services) можно управлять файлами и загружать/выгружать их через последовательный интерфейс или дискету.

В активной области «ДИАГНОСТИКА» (Diagnosis) показываются и документируются ошибки и сервисная информация.

Активная область управления «ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ» (Start-up) используется системными специалистами для согласования данных ЧПУ со станком.

## 2.2 Порядок выполнения работы

1 Запустить программу Sinutrain (Пуск>Программы>Sinutrain...> SinuTrain START) либо через иконку на рабочем столе.

2 Выбрать технологию – фрезерная/токарная (Milling/Turning).

3 Перейти в рабочую зону «ПРОГРАММЫ». При нажатии F10 в горизонтальной панели программных клавишах показываются все рабочие зоны. Переключение рабочих зон происходит с помощью мыши либо клавиатуры (F1...F6). Рабочей зоне «ПРОГРАММЫ» соответствует F3.

4 Создать рабочую директорию для программ. В рабочей зоне на вертикальной панели клавиш выбрать окно New. На панели в диалоговом окне записать имя файла, после чего нажать Enter. Далее из списка Data type выбрать расширение WPD и нажать OK.

5 Создание подпрограммы для обработки детали. Необходимо открыть папку и выбрать снова окно New. В диалоговом окне написать имя файла и выбрать расширение для подпрограммы (MPF). Далее автоматически создается программа и открывается редактор. В окне Editor происходит запись программы для обработки. Выход из редактирования с помощью Close editor.

6 Активация рабочей программы в память ЧПУ. Войти в рабочую зону «СТАНОК» и выбрать иконку PROGRAM OVERVIEW. В открытом окне произвести скачивание рабочей программы LABA2 в ЧПУ с помощью иконки LOAD HD->NC и последующем выборе Select. После загрузки напротив выбранной программы появится символ X. Программа разместится в основном окне рабочей зоны в области Currentblock.

7 Удаление рабочей программы из устройства ЧПУ. Процесс удаления аналогичен предыдущему. В открытом окне PROGRAM OVERVIEW процесс удаления происходит с помощью команды UNLOADNC->HD.

8 Выход из программного обеспечения Sinutrain. Для выхода из программного обеспечения необходимо нажать F10 и выбрать в горизонтальной панели программных клавиш выбрать иконку Exit.

## **2.3 Содержание отчета**

- наименованиеработы;
- цельработы;
- краткое описание работы программногообеспечения;
- выводы поработе.

## **2.4 Контрольные вопросы**

- 1 Какие компоненты могут быть подключены к устройствуЧПУ?
- 2 На какие зоны делятся основные функции программыУЧПУ?
- 3 Какие функции входят в рабочую зону СТАНОК, ПАРАМЕТРЫ?
- 4 Какие функции входят в рабочую зонуПРОГРАММЫ?
- 5 Какие типы файлов могут хранится в памяти программы.

## **Практическая работа 3**

### **Создание управляющей программы для обработки деталей на станке фрезерной группы**

*Цель работы:* ознакомление с основными элементами программирования, структурой и содержанием программы ЧПУ, изучение основных функции программирования.

#### **3.1 Краткие теоретическиесведения**

Для записи NC программ используются буквы английского алфавита и арабские числа. NC программа составлена по блокам, а каждый блок состоит из слов. Слово в языке программы NC состоит из характера адреса и числа или последовательности чисел, представляющихарифметическое

значение. Характером адреса слова обычно является буква. Последовательность чисел может включать начальный знак и десятичная точка. Начальный знак обычно появляется между буквой адреса и последовательностью чисел. Положительный начальный знак (+) не может быть определен.

Адресами являются фиксированные или переменные идентификаторы осей (X,Y,...), скорости шпинделя (S), скорости подачи (F), радиус круга (CR) и т.д. Основные адреса управляющей программы приведены в таблице 3.1:

*Таблица 3.1 – Основные адреса управляющей программы*

| <i>Адрес</i> | <i>Значение (установка по умолчанию)</i> |
|--------------|------------------------------------------|
| D            | N режущей кромки инструмента             |
| F            | Подача                                   |
| G            | Подготовительная функция                 |
| H            | Осевая функция                           |
| L            | Вызов подпрограммы                       |
| M            | Смешанная функция                        |
| N            | Подблок                                  |
| P            | Число ходов программы                    |
| R            | Арифметический параметр                  |
| S            | Скорость шпинделя                        |
| T            | Номер инструмента                        |
| :            | Главный блок                             |

Чтобы структура блока была по возможности четче, слова в блоке должны распределяться следующим образом:

*Пример:*

N10 G...X...Y...Z...F...S...T...D...M...H...

Обозначение адресов приведено в таблице 3.2:

*Таблица 3.2 – Обозначение адресов в программе NC*

| <i>Адрес</i> | <i>Значение</i>            |
|--------------|----------------------------|
| N            | Адрес номера блока         |
| 10           | Номер блока                |
| G            | Подготовительная функция   |
| X,Y,Z        | Позиционные данные         |
| F            | Подача                     |
| S            | Скорость                   |
| T            | Инструмент                 |
| D            | Номер смещения инструмента |
| M            | Смешанная функция          |
| H            | Осевая функция             |

Блоки, которые не выполняются в каждом этапе программы, могут быть пропущены. Блоки, которые пропущены, идентифицируются характером "/" перед номером блока. Несколько последовательных блоков могут быть пропущены. Команды в пропущенных блоках не выполняются; программа продолжается со следующим блоком, который не опускается. Чтобы NC программы было легче понять другим пользователям и программистам, рекомендуется вставить в программе комментарии. Комментарии идут в конце блока и отделяются от части программы NC блока точкой с запятой (";").

*Пример:*

N10 G1 F100 X10 Y20; комментарии объяснения NC блока:

– для "конца программы" должно появиться слово в последнем блоке последовательности: M2, M30, M17 или RET.

Сообщения могут быть запрограммированы для обеспечения пользователя информацией о текущей ситуации обработки во время выполнения программы. Сообщение, сгенерированное в NC программе вставкой пароля "MSG" в скобках "()" с последующим текстом сообщения в кавычках. Сообщение может быть стерто также программированием "MSG()".

*Пример:*

N10 MSG ("Roughing contour"); Активизировать сообщение

N20 X... Y...

N ...

N90 MSG (); Очистить сообщение из N10

### **3.2 Порядок выполнения работы**

1 Создать рабочую программу в рабочей директории (см. ЛР№2).

2 Рассчитать координаты перемещения инструмента по рабочей плоскости.

*Подготовка чертежа детали:*

– определить ноль детали;

– начертить в системе координат.

*Определение последовательности обработки.*

Для определения последовательности обработки необходимо ответить на следующие вопросы:

– какие инструменты, когда должны использоваться и какой контур обрабатывать? (рабочая зона PARAMETER);

– в какой последовательности должны обрабатываться отдельные элементы?

– какие отдельные элементы повторяются (даже если вращаются) и какие должны быть сохранены в подпрограмме?

– эти или похожие контуры существуют уже в других программах или подпрограммах детали, которые будут здесь использоваться?

– где целесообразно или необходимо осуществлять смещение нуля, отражения или масштабирования (концепция кадра)?

#### *Подготовка графика работы*

Определить процессы обработки в шагах, т.е.:

- быстрые перемещения позиционирования;
- смена инструмента;
- нивелировка или калибровка;
- включение/выключение шпинделя сож;
- вызов данных инструмента;
- подача нарезание;
- корректировка траектории;
- подвод траектории;
- отвод от контура;
- и т.д.

3 Войти в окно Simulation и выбрать размеры заготовки.

Размеры заготовки выбираются исходя из трехмерной системы координат в окне Settings (рис.3.1).

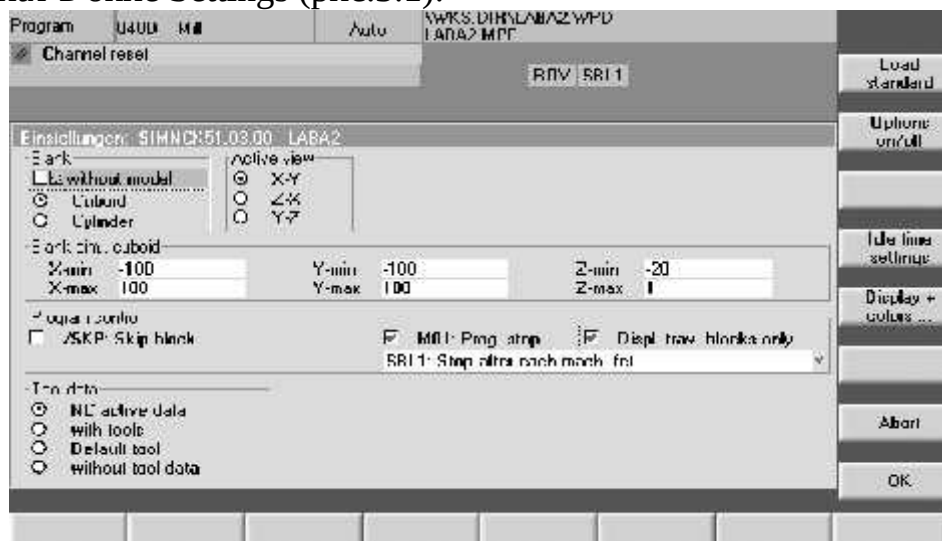


Рисунок 3.1 – Окно для определения размеров заготовки

4 Написать управляющую программу в зависимости от чертежа детали.

Перемещения инструмента, запрограммированные с G0, выполняются с возможно самой высокой скоростью (быстрое перемещение). Скорость быстрого перемещения определяется отдельно в данных станка (номинальная скорость двигателя). G0 используется для подвода начальных позиций или точек смены инструмента, отвода инструмента и т.д.

Для обработки заготовки используется G1 (активируется скорость подачи). Перемещения инструмента со скоростью подачи F по прямой линии от текущей исходной точки к запрограммированной точке назначения. Деталь обрабатывается по траектории.



Для прямолинейного перемещения инструмента достаточно задать координаты конечной точки. В этом случае инструмент будет перемещаться по кратчайшему расстоянию. Если в последующей операции перемещение происходит не по всем координатам, в строке программы указываются только активные.

В случае криволинейного перемещения инструмента используется криволинейная интерполяция:

- G2/G3 X... Y... Z... I... J... K...;
- G2 – перемещение по круговой траектории по часовой стрелке;
- G3 – перемещение по круговой траектории против часовой стрел-

ки;

- X Y Z – конечная точка в Декартовой системе координат;
- I J K – центр круга в Декартовой системе координат (в X, Y, Z

направлении);

*Пример:*

N20 X0 Y10 Z10 – перемещение инструмента в точку с координатами (0,10,10);

N30 X10 Y0 – перемещение инструмента в точку с координатами (10, 0, 10);

N40 Z-10 – перемещение инструмента в точку с координатами (10, 15,-10);

N50 G2 X30 Y0 I=AC(20) J=AC(0) – обработка по радиусу 10 мм.

5 Сохранить управляющую программу

6 Произвести симуляцию технологического процесса

### **3.3 Содержание отчета**

- наименования работы;
- цель работы;
- краткое описание структуры описания управляющей программы;
- чертеж заданной детали;
- программа обработки обрабатываемой детали;
- вывод по работе.

### **3.4 Контрольные вопросы**

- 1 Определение последовательности обработки.
- 2 Как выбираются размеры заготовки в программном обеспечении Sinutrain?
- 3 Из чего состоит слово в языке программы NC?
- 4 Какая последовательность слов в кадре программы?
- 5 Как программируются прямолинейные и криволинейные перемещения инструмента?

## Практическая работа 4

### Программирование контура обрабатываемой детали

*Цель работы:* научиться программировать контур обрабатываемой детали; загружать ее в виде подпрограммы в управляющую программу.

#### 4.1 Краткие теоретические сведения

Для облегчения программирования контура обрабатываемой детали в программной среде Sinutrain существует рабочее поле Contour.

Этапы контурной программы создаются из сориентированной геометрии, если непрерывные контурные зоны предназначены для определения траектории, использованной для обработки детали. Вся контурная зона должна определяться математически. Отдельные элементы контура, однако могут быть определены частично. Интегрированный контурный калькулятор высокой разрешающей способности (процессор данных) разрабатывает смешанные точки резания и осуществляет геометрические взаимоотношения между неопределенными контурными элементами и известными элементами контурного сечения.

Следующее контурное сечение обеспечивает полный просмотр работы функции "ориентированная геометрия".

Возможно также вызвать вспомогательные экраны контурных элементов, когда открывается диалоговый экран.

Для вызова поля в рабочей программе или подпрограмме необходимо в горизонтальной панели клавиш выйти на окно Contour. В нем с помощью вертикальных клавиш и диалоговых окон задать траекторию контура.

После подтверждения диалогового экрана "Start Point (Точка пуска)" необходимые контурные элементы появляются на вертикальных программных кнопках. Кнопка "Finish Contour (Окончание контура)" используется для активизации рабочего уровня для покидания контурного калькулятора.

4 контурных элемента имеется для определения контурного сечения:

- Start Point (исходная точка): раз после выбора контурного калькулятора;
  - Straight line (прямая линия): вверх/вниз/налево/направо, любая;
  - Arc (дуга): с любым направлением вращения;
  - Macro (макро): из основных базовых элементов, названных выше.
- Рабочая среда Contour приведена на рисунке 4.1.

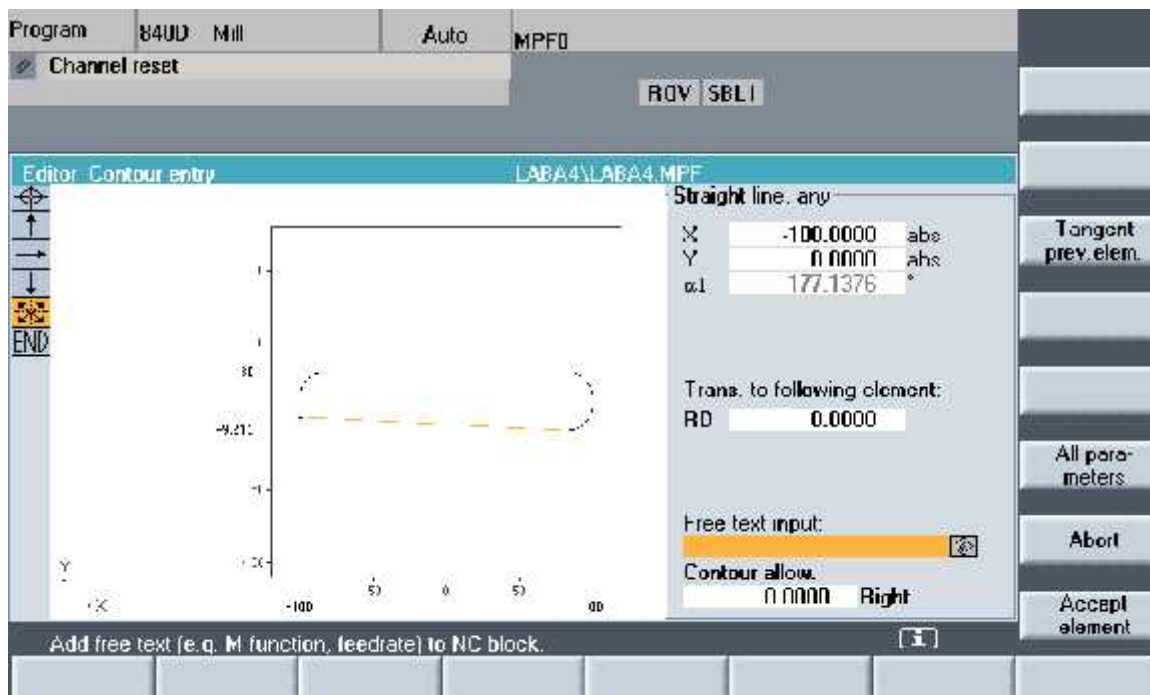


Рисунок 4.1 – Рабочая среда Contour

## 4.2 Порядок выполнения работы

1 Создать рабочую программу в новой директории. В рабочей программе выбрать параметры заготовки и инструмента.

2 Создать подпрограмму. Подпрограммы создаются в существующей директории с расширением SPF. Пример для контура на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 – Пример программирования контура в среде Sinutrain

3 В данной подпрограмме запрограммировать контур обрабатываемой детали с помощью рабочей среды Contour. После описания контура в подпрограмму автоматически запишется алфавитно-цифровой код. Подпрограмму необходимо завершить с помощью команды M17 и сохранить. В режиме симуляции можно сравнить обработанный контур созданным.

4 Войти в основную программу и вызвать в ней с помощью команды MCALL сохраненную подпрограмму обработки контура. MCALL имя подпрограммы.

5 В режиме симуляции проверить правильность составления управляющей программы. Окно симуляции управляющей программы приведено на рисунке 4.3:

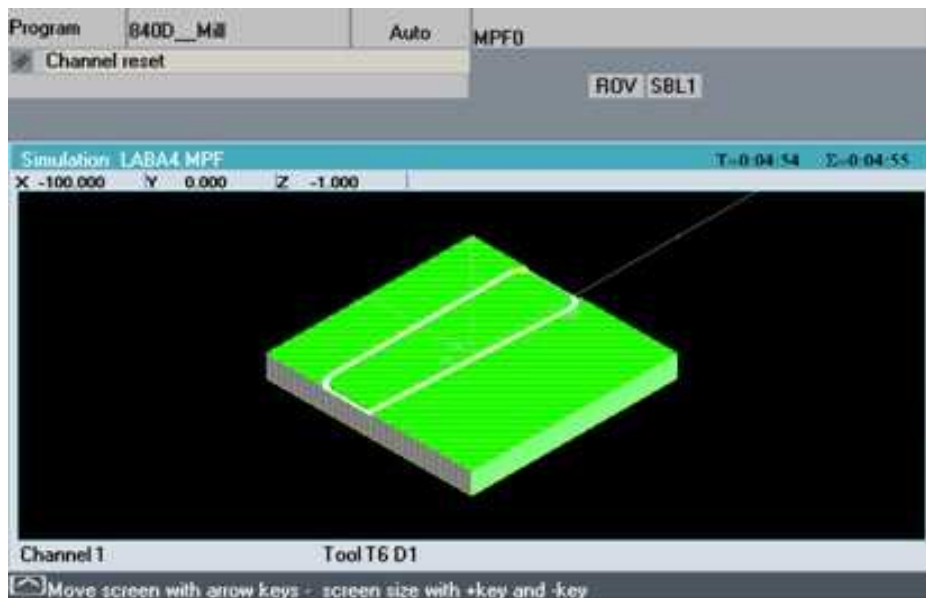


Рисунок 4.3 – Окно симуляции управляющей программы

#### 4.3 Содержание отчета

- наименования работы;
- цель работы;
- краткое описание структуры рабочего поля Contour;
- чертеж заданной детали;
- программа обработки обрабатываемой детали;
- вывод по работе.

#### 4.4 Контрольные вопросы

- 1 Описание рабочего поля Contour.
- 2 Этапы контурного программирования.
- 3 Какие элементы имеются для определения контурного сечения?
- 4 Каким образом происходит вызов подпрограммы?
- 5 Какое расширение имеет подпрограмма?

## Практическая работа 5

### Программирование обработки заготовки по траектории, заданной уравнениями.

*Цель работы:* научиться составлять программу обработки заготовки по траектории, заданной уравнениями.

#### 5.1 Краткие теоретические сведения

В системе числового программного управления при составлении управляющей программы для сложных траекторий используются математические уравнения. В таблице 5.1 приводятся следующие операторы (арифметические функции).

Таблица 5.1 – Математические операторы в языке NC

|          |                                                                                                                      |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| +        | Сложение                                                                                                             |
| -        | Вычитание                                                                                                            |
| *        | Умножение                                                                                                            |
| /        | Деление<br><b>Примечание:</b> (Тип INT)/(Тип INT)=(Тип REAL);<br>пример: 3/4=0.75                                    |
| DIV      | Деление, только для типа переменных INT<br><b>Примечание:</b> (Тип INT)DIV(Тип INT)=(Тип INT);<br>пример:<br>3DIV4=0 |
| MOD      | Модульное деление (только для типа INT) получает остаток<br>INT деления, т.е. 3MOD 4=3                               |
| :        | Цепной оператор (для переменных FRAME)                                                                               |
| Sin ()   | Синус                                                                                                                |
| COS()    | Косинус                                                                                                              |
| TAN()    | Тангенс                                                                                                              |
| ASIN()   | Синус дуги                                                                                                           |
| ACOS()   | Косинус дуги                                                                                                         |
| ATAN2(,) | Тангенс дуги 2                                                                                                       |
| SQRT()   | Квадратный корень                                                                                                    |
| ABS()    | Абсолютный номер                                                                                                     |
| POT()    | Мощность Z (квадрат)                                                                                                 |
| TRUNC()  | Усечение до целого                                                                                                   |
| ROUND()  | Округление до целого                                                                                                 |
| LN()     | Натуральный логарифм                                                                                                 |
| EXP()    | Показательная функция                                                                                                |

Значение может присваиваться адресу. Способ присвоения зависит от типа имени адреса. Знак "=" должен вставляться между именем адреса и значением, если имя адреса состоит из более одной буквы или значение состоит из более одного постоянного

Знак "=" может быть опущен, если имя адреса состоит из одной буквы, а значение из одного постоянного. Ведущие знаки разрешаются, а операторы позволяют после буквы адреса.

*Пример:*

|                    |                                                                                |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| X10                | Присвоение значения (10) адресу X, "=" не требуется                            |
| X1=10              | Присвоение значения (10) адресу X с числовым расширением (1), "=" не требуется |
| FGROUP(X1,X2)      | Имена осей из прошедших параметров                                             |
| AXDATA[X1]         | Имя осей как индекс доступности данных оси                                     |
| AX[X1]=10          | Косвенное программирование оси                                                 |
| X=10*(5+SIN(37.5)) | Присвоение значения способом числового расширения требуется "="                |

Переменная может содержать одно числовое значение (или несколько) или характер (или несколько), т.е. букву адреса.

Тип данных, разрешенных для переменной, определяется, если определена переменная. Тип данных системных переменных и предопределенных переменных постоянный.

Целое с или без начального знака, т.е. для присвоения значения адресу.

*Пример:*

|       |                                   |
|-------|-----------------------------------|
| X100  | Присвоение значения +100 адресу X |
| X-100 | Присвоение значения -100 адресу X |

Реальное число, т.е. с десятичной точкой с или без начального знака, т.е. для присвоения значения адресу.

*Пример:*

|         |                                                         |
|---------|---------------------------------------------------------|
| X10.25  | Присвоение значения +10.25 адресу X                     |
| X-10.25 | Присвоение значения -10.25 адресу X                     |
| X0.25   | Присвоение значения +0.25 адресу X                      |
| X.25    | Присвоение значения +0.25 адресу X без начального знака |

X=-.1E-3 Присвоение значения  $-0.1 \cdot 10^{-3}$  адресу X

Если в адресе, который разрешает десятичную точку, больше десятичных знаков определено, чем должно быть для адреса, лишняя цифра после точки и последнее число округляются. Переменные обозначаются символом R, индексы:  $R_1, R_2 \dots R_n$ .

## 5.2 Порядок выполнения работы

- 1 Создать рабочую программу в созданной ранее директории.
- 2 По выданному заданию написать программу обработки детали по контуру, заданному уравнениями, с использованием циклов. BNC-

программе используются операторы IF, WHILE, аналогичные в обработке другим языкам программирования (Pascal, Delphi и т.д.).

3 В режиме симуляции проверить правильность составления управляющей программы.

*Пример рабочей программы*

G0 F100 S900 T1 D1

M6

X0 Y0

G1 Z-5

R0=0

R1=2

R2=1

WHILE R0<20

R0=R1+R0

X=4\*R0 Y=2.5\*R0

X=-4\*R0 Y=2.5\*R0

ENDWHILE

G0 Z0

X0 Y0

G1 Z-5

WHILE R0>0

R0=R0-R1

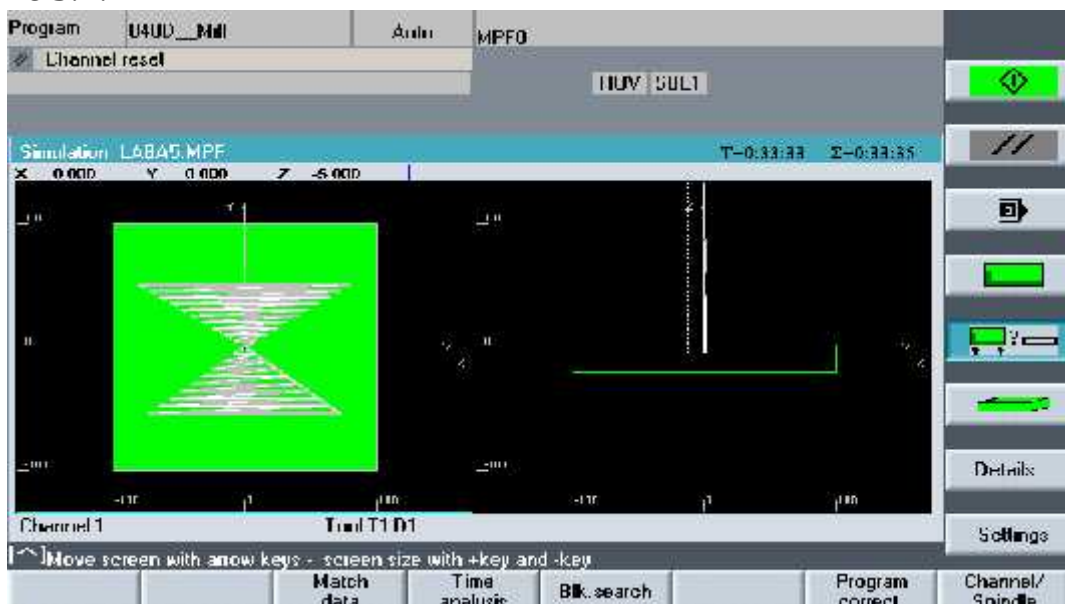
X=4\*R0 Y=-3\*R0

X=-4\*R0 Y=-3\*R0

ENDWHILE

M30

Визуализация обработки детали по уравнениям представлена на рисунке 5.1:



*Рисунок 5.1 – Визуализация обработки детали по уравнениям*



### **5.3 Содержание отчета**

- наименованиеработы;
- цельработы;
- чертеж заданнойдетали;
- программа обработки обрабатываемойдетали;
- выводы.

### **5.4. Контрольные вопросы**

- 1 Как обозначаются арифметические функции в языке NC?
- 2 Описание оператора IF.
- 3 Описание оператораWHILE.
- 4 Каким образом обозначаются числа с десятичнойточкой.
- 5 Как обозначаются переменные в языке программированияNC?

### **ЛИТЕРАТУРА**

- 1 Металлорежущие станки и автоматы: учебник для машиностроительных вузов / Под ред. А.С. Проникова. – М. : Машиностроение, 1981. – 479 с.

*Навчальне видання*

**ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ В МАШИНОБУ-  
ДУВАННІ ТА МЕТАЛЛООБРОБЦІ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання лабораторних робіт**

для студентів спеціальностей  
**«Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»,**  
усіх форм навчання

*(Російською мовою)*

Укладачі:           ШУЛЬГА Олексій Анатолійович  
                          ПОЛУПАН Іван Іванович  
                          ОЛЕЯРНИК Олександр Вікторович

За авторською редакцією

Комп'ютерна верстка           О.П.Ордіна

|                               |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| 60/2011. Підп. до друку       | Формат 60х84/16    |
| Папір офсетний. Ум. друк. арк | . Обл.-вид. арк. . |
| Тираж           прим.         | Зам. №             |

Донбаська державна машинобудівна академія  
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру  
серія ДК №1633 від 24.12.2003