

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

# СВАРОЧНЫЕ РОБОТЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности*

*1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства»  
очной и заочной форм обучения*

**Часть 1**



Могилев 2022

УДК 621.9.07  
ББК 30.61  
С24

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Оборудование и технология сварочного производства» «2» февраля 2022 г., протокол № 8

Составитель канд. техн. наук, доц. С. М. Фурманов

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Методические рекомендации к лабораторным работам по дисциплине «Сварочные роботы и технологическая оснастка» предназначены для студентов специальности 1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства» очной и заочной форм обучения.

Учебно-методическое издание

## СВАРОЧНЫЕ РОБОТЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

### Часть 1

Ответственный за выпуск	А. О. Коротеев
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2022

## Содержание

1 Лабораторная работа № 1. Изучение назначения, устройства и работы установки для плазменной резки SUPRAREX SXE-P и панели управления VISION 52 .....	4
2 Лабораторная работа № 2. Изучение гибкой модульной CAD/CAM-системы COLUMBUS для машины плазменной и кислородной резки SUPRAREX SXE-P .....	9
3 Лабораторная работа № 3. Разработка программы ЧПУ для машины плазменной резки SUPRAREX SXE-P с помощью программы DigiCAD/CAM и системы COLUMBUS .....	17
4 Лабораторная работа № 4. Изучение устройства и принципа работы трубогибного станка CNC-4-65-BR3 для гибки металлических труб .....	27
5 Лабораторная работа № 5. Изучение устройства и принципа работы лазерной установки Trumpf TruLaser 3030 .....	34
6 Лабораторная работа № 6. Изучение устройства и принципа работы установки для автоматической сварки продольного шва хребтовой балки .....	42
7 Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ.....	47
Список литературы.....	48

# 1 Лабораторная работа № 1. Изучение назначения, устройства и работы установки для плазменной резки SUPRAREX SXE-P и панели управления VISION 52

**Цель работы:** изучение конструкции и принципа работы установки плазменной резки SUPRAREX SXE-P.

## 1.1 Общие теоретические сведения

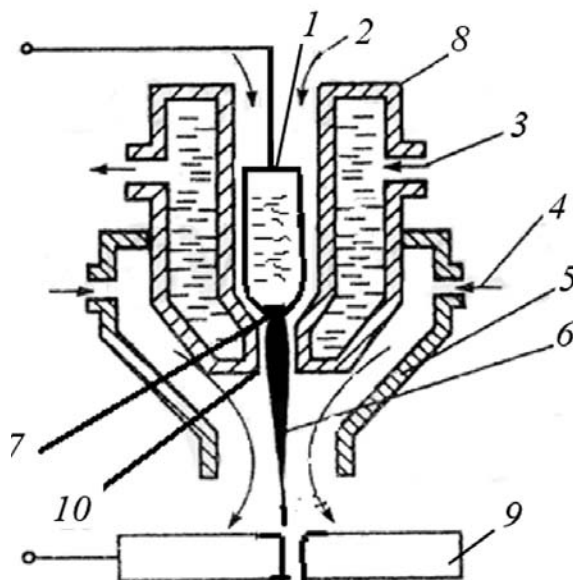
Плазма – четвертое состояние вещества – это проводящий газ, состоящий из положительно и отрицательно заряженных частиц в таких пропорциях, что общий заряд равен нулю. Свободно движущиеся электроны могут переносить электрический ток. Обработка материалов плазмой, генерируемой дугowymi или высокочастотными плазмотронами, получила широкое распространение вследствие высокой температуры плазмы (~ 30 000 К), большого диапазона регулирования мощности и возможности сосредоточения потока плазмы на обрабатываемой заготовке; при этом эффекты плазменной обработки достигаются как тепловым, так и механическим воздействием плазмы.

Для повышения температуры и мощности обычной дуги и превращения ее в плазменную используется два процесса: сжатие дуги и принудительное вдувание в дугу плазмообразующего газа. Схема получения плазменной дуги приведена на рисунке 1.1. Сжатие дуги осуществляется за счет размещения ее в плазмотроне (8), стенки которого интенсивно охлаждаются водой (3). Проходя через канал плазмотрона (10), поперечное сечение дуги уменьшается и возрастает ее мощность – количество энергии, приходящееся на единицу площади. Температура в столбе обычной дуги составляет 5000 °С...7000 °С. Температура в плазменной дуге достигает 30000 °С.

Схема плазменно-дуговой резки представлена на рисунке 1.1. Дуга (6) горит между разрезаемым изделием (9) и вольфрамовым водоохлаждаемым электродом (1), имеющим вставку из циркония или, что более предпочтительнее, из гафния (7). В электродную область плазматрона вдувается плазмообразующий газ (2). В некоторых плазматронах имеется камера (5), в которую подается дополнительная среда – защитный газ, например, углекислый CO<sub>2</sub> (4). Это улучшает характеристики процесса резки. Дополнительная среда ограничивает размеры дуги, способствует ее сжатию и концентрации тепла. Кроме того, она защищает сопло от брызг, улучшает его охлаждение. Улучшается также охлаждение разрезаемых кромок, что уменьшает их деформацию.

Непосредственное возбуждение плазмогенерирующей дуги между электродом и разрезаемым металлом, как правило, затруднительно. Поэтому вначале между электродом и наконечником плазмотрона зажигается дежурная дуга. Затем она выдувается из сопла, и при касании изделия ее факелом возникает рабочая режущая дуга, а дежурная дуга отключается.

**Газы для резки.** При плазменно-дуговой резке стабилизация и сжатие токового канала дуги, повышающее ее температуру, осуществляются соплом горелки и обдуванием дуги потоком плазмообразующих газов и их смесей. В принципе, для резки используются пять газов: воздух, кислород, азот, водород, аргон.



1 – вольфрамовый электрод; 2 – плазмообразующий газ; 3 – водяное охлаждение; 4 – защитный газ; 5 – сопло; 6 – факел плазмы; 7 – вставка из циркония; 8 – плазмотрон; 9 – разрезаемое изделие; 10 – канал плазмотрона

Рисунок 1.1 – Схема процесса плазменно-дуговой резки

Наиболее широко применяемым газом при плазменной резке является воздух. При использовании воздуха хорошо режутся низкоуглеродистые стали, легированные стали, медь, алюминий. Воздух – самый дешевый газ, который при этом обеспечивает достаточно высокое качество реза. Недостатком воздуха является азотирование разрезаемых кромок, что приводит при их сварке к образованию пор от азота. Из-за азотирования увеличивается твердость кромок и ухудшается их механическая обрабатываемость. Кислород, кроме выдувающей функции, обеспечивает протекание процессов, характерных для кислородной резки, – сгорание разрезаемого металла в струе кислорода, что улучшает параллельность стенок реза, устраняет заусеницы.

Водород отдельно как плазмообразующий газ не используется, но может быть добавкой к другим газам. Благодаря своей высокой теплоемкости и теплопроводности он способствует передаче тепла от дуги к металлу, увеличивая эффективность процесса резки. Это особенно важно при резке цветных металлов, обладающих высокой теплопроводностью. Добавка водорода делается часто к аргону, который обеспечивает наилучшее качество при резке меди, но сам обладает низкой тепловой эффективностью. Добавляется водород и к азоту.

Азот используется и как самостоятельный плазмообразующий газ. В азоте дуга горит при меньших токах, что позволяет снизить тепловую нагрузку на электрод и сопло. Может применяться для резки коррозионностойких сталей, меди, для которых азот является инертным газом.

В последнее время интенсивно разрабатываются новые схемы процесса плазменной резки с использованием дополнительной среды, подаваемой в отдельное сопло (см. рисунок 1.1).

Наиболее известны следующие комбинации газов.

1 Режущий газ – кислород, дополнительный газ – воздух. Обеспечивает высокие скорости и качество резки углеродистых сталей.

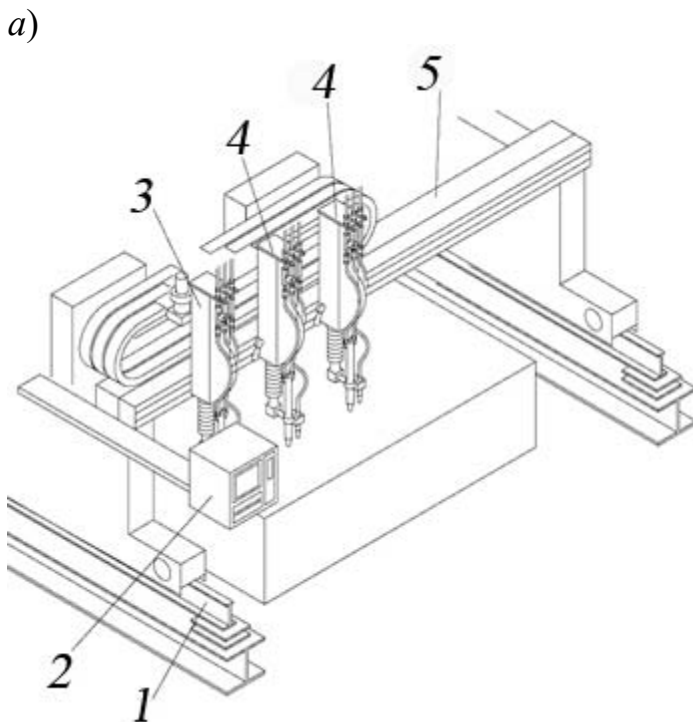
2 Режущий газ – азот, дополнительный – воздух. Область применения – нержавеющие стали и алюминий.

3 Режущий газ – смесь (35 % Ar + 65 % N<sub>2</sub>), дополнительный – азот. Область применения – нержавеющие стали и алюминий больших толщин.

4 Режущий газ – смесь (95 % N<sub>2</sub> + 5 % H<sub>2</sub>), дополнительный – азот. Область применения – нержавеющие стали малых толщин с высоким качеством реза.

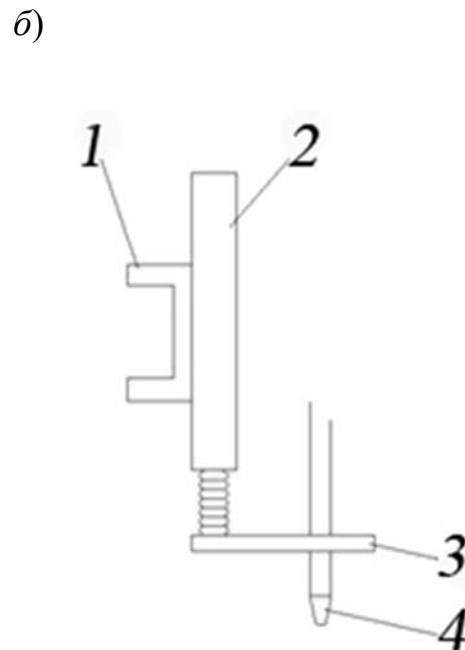
На предприятиях часто приходится резать металлы различной толщины, поэтому в последнее время стали выпускаться универсальные машины, содержащие одновременно плазматроны и резаки для кислородной резки. На этой машине низкоуглеродистая сталь толщиной до 40 мм режется плазмой, свыше 40 мм – кислородной резкой.

Общий вид установки для плазменной и газовой резки материалов SUPRAREX SXE-P с системой ЧПУ представлен на рисунке 1.2. На рисунке 1.3 изображена тележка горелок.



1 – рельс; 2 – система ЧПУ; 3 – ведущая тележка; 4 – ведомая тележка с регулировщиком высоты и горелкой; 5 – портал

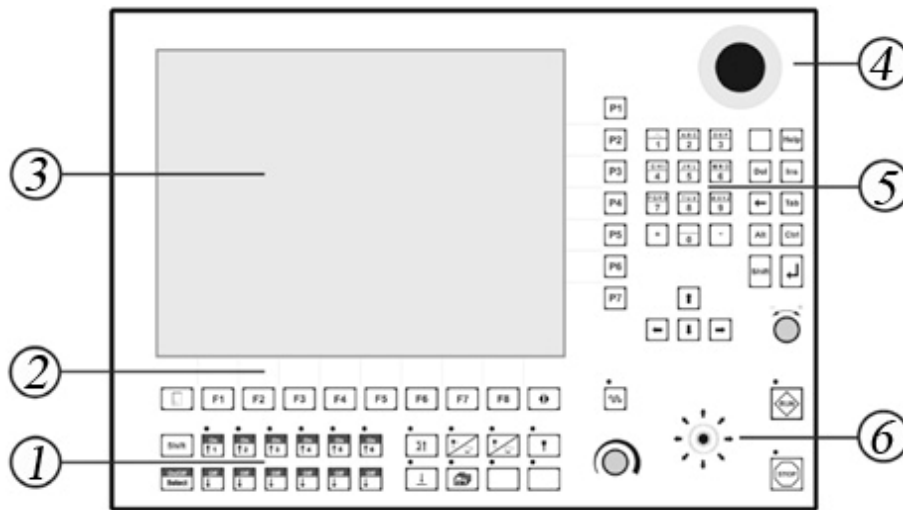
Рисунок 1.2 – Общий вид установки SUPRAREX SXE-P



1 – поперечная тележка; 2 – регулировщик высоты; 3 – держатель горелки; 4 – горелка

Рисунок 1.3 – Тележка горелок установки SUPRAREX SXE-P

Позиционирование горелок производится автоматически посредством системы управления ЧПУ ESAB-CNC. Элементы панели управления системы ESAB-CNC (VISION 52) представлены на рисунке 1.4.



1 – экран; 2 – блок управления экраном; 3 – блок управления каретками машины; 4 – кнопка АВАРИЙНАЯ ОСТАНОВКА; 5 – блок ввода; 6 – блок управления перемещениями

Рисунок 1.4 – Элементы панели управления VISION 52

Назначение клавиш блока управления каретками (рисунок 1.5):

- 1) SHIFT – для активизации дополнительных функций в комбинации с другими клавишами;
- 2) клавиши перемещения кареток STATION KEYS (со стрелками) – для подъема и опускания соответствующей каретки;
- 3) MASTER UP KEY – для подъема кареток вверх до ограничителя;
- 4) HEATING OFF / PLASMA OFF – для включения или выключения процесса резки;
- 5) HEATING ON / PLASMA ON – для включения или выключения пламени предварительного разогрева перед процессом резки;
- 6) CUTTING OXYGEN ON – для включения подачи режущего кислорода при кислородной резке;
- 7) SELECT KEY – для выбора каретки с помощью клавиш кареток (должна быть нажатой при выборе или отмене выбора каретки);
- 8) HEIGHT CONTROL ON – для контроля высоты;
- 9) TECHNOLOGY RECORDS KEY – для повторной загрузки данных процесса.

Назначение клавиш блока перемещений:

- 1) RAPID KEY – для ускорения кареток (может использоваться в ручном режиме с джойстика);
- 2) RUN – для включения программы выполнения операций или возобновления программы после прерывания;

3) STOP – останавливает рабочий процесс. В ручном режиме останавливает перемещение ведущей каретки;

4) потенциометр подачи – для увеличения или уменьшения текущей скорости перемещения кареток (в процентах).

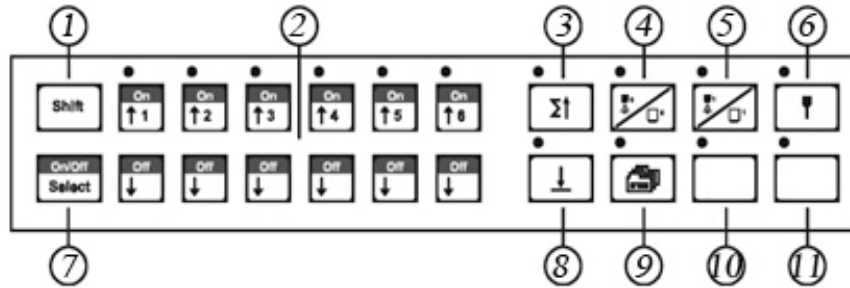


Рисунок 1.5 – Блок управления каретками

## ***1.2 Оборудование, приборы и материалы***

Портальная установка плазменной и газовой резки материалов SUPRAREX SXE-P (с системой ЧПУ VISION 52).

## ***1.3 Порядок проведения работы***

- 1 Изучить особенности технологии плазменной обработки материалов.
- 2 Изучить конструкцию и особенности эксплуатации установки плазменной и газовой резки материалов SUPRAREX SXE-P.
- 3 Изучить элементы панели VISION 52 системы ЧПУ.

## ***1.4 Содержание отчета***

- 1 Цель лабораторной работы.
- 2 Схема плазменной резки заготовки.
- 3 Назначение основных блоков установки плазменной и газовой резки материалов SUPRAREX SXE-P и элементов панели системы ЧПУ VISION 52.
- 4 Выводы по работе.

## ***Контрольные вопросы***

1 Сущность плазменно-дуговой резки. Устройство режущего плазмотрона. Какие газы используются в качестве первичного, плазмообразующего и вторичного при плазменной резке?

2 Что входит в состав установки для плазменной резки SUPRAREX SXE-P?

3 Назовите основные элементы экрана панели управления VISION 52. Опишите функции блока управления экраном, блока ввода, блока управления каретками машины и блока перемещений.



## **2 Лабораторная работа № 2. Изучение гибкой модульной CAD/CAM-системы COLUMBUS для машины плазменной и кислородной резки SUPRAREX SXE-P**

**Цель работы:** изучение модульного программного пакета COLUMBUS для задач резки, назначения модулей управления, системы команд и функций, основных режимов работы.

### **2.1 Общие теоретические сведения**

**2.1.1 Программное обеспечение (ПО) COLUMBUS.** ПО COLUMBUS – это гибкая модульная CAD/CAM-система, разработанная для создания программ резания материалов на машинах плазменной резки ESAB с числовым программным управлением (ЧПУ) посредством персонального компьютера (ПК). В состав ПО включены исчерпывающие данные о режущих инструментах ESAB, поэтому все возможности этих станков под управлением ПО будут использованы в полной мере. На рисунке 2.1 показана структурная схема ПО COLUMBUS и ее взаимодействие с внешней технологической средой.

Если нужно повторно изготовить детали, которые выпускались ранее, то, принимая новый заказ на выполнение работы, параметры этого заказа (количество изделий, дату поставки и т. д.) можно ввести непосредственно в модуль управления данными ПО COLUMBUS (data manager).

Если заказана деталь, которая не выпускалась ранее, то в ПО COLUMBUS нужно ввести информацию о топологии этой детали. Для этого в ПО предусмотрена функция импортирования данных, представленных в виде файлов форматов DXF, DWG или ASCII. Если данные о топологии детали имеются в одном из перечисленных форматов, то эти данные могут быть считаны ПО непосредственно. В противном случае чертеж детали должен быть выполнен с помощью внешней системы автоматизированного проектирования (САПР), конвертирован в файл формата DXF, а затем импортирован в ПО COLUMBUS. В качестве такой САПР можно использовать встроенный программный пакет DigiCAD.

После импортирования данных о топологии к параметрам заказа, содержащимся в модуле управления данными, должна быть добавлена информация о материале детали (если эта информация не содержится в базе данных материалов – material database). Сюда также может быть добавлена информация об обрабатывающей машине.

С помощью модуля управления раскладкой (эскизом раскладки) (lay out manager) контуры деталей вручную или автоматически переносятся на лист. ПО COLUMBUS позволяет одновременно выводить на экран монитора окна модуля управления данными и модуля управления раскладкой. Это, в свою очередь, позволяет перемещать изображения деталей из одного окна в другое с помощью мыши. В то же самое время информация о топологии детали переносится на лист, а информация, введенная в модуль управления данными,

копируется в спецификацию раскладки. Модуль управления данными и спецификация раскладки организованы аналогичным образом, однако информация модуля управления данными предназначена для эскиза раскладки и, следовательно, регистрируются только те данные, которые будут нанесены на лист. Когда поверхность листа будет заполнена контурами деталей, информацию о деталях можно вернуть в модуль управления данными, который автоматически скорректирует информацию о количестве деталей.

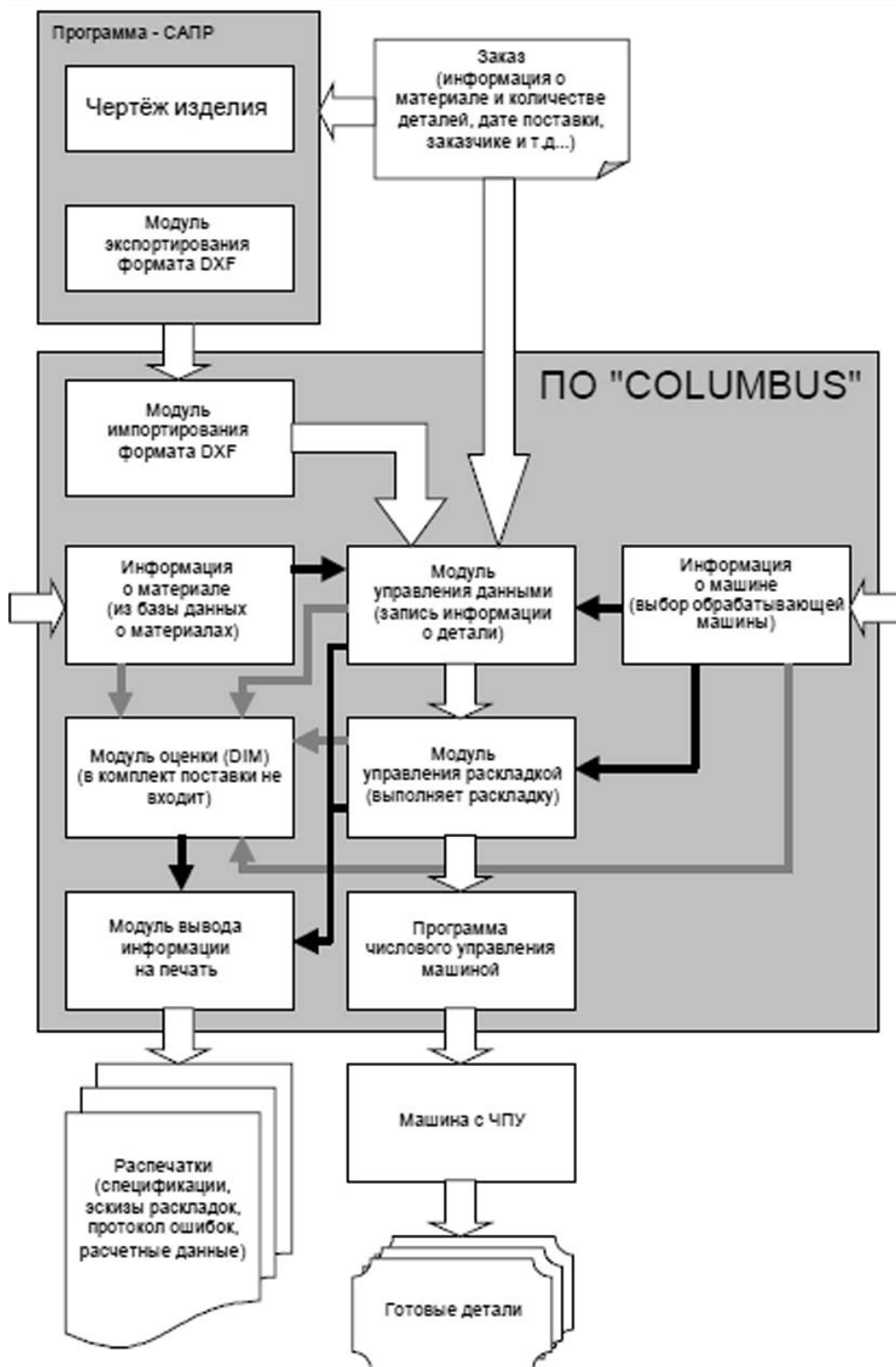


Рисунок 2.1 – Структурная схема (ПО) COLUMBUS

Технология резки элементов, контуры которых перенесены на лист автоматически или вручную, будет выбрана из Технологической базы данных (Technology Database), входящей в состав модуля управления раскладкой. При этом будут заданы параметры ввода и вывода режущего инструмента и последовательность процедур обработки. С помощью этих данных может быть создана программа числового управления режущей машиной, которую можно вывести непосредственно на обрабатывающую машину. Работа программы числового управления может быть также отображена в среде ПО COLUMBUS.

COLUMBUS содержит следующие ориентированные на пользователя модули для управления процессами.

**Базовый конвертер** содержит функции, которые позволяют легко получать программы резки исходя из геометрии деталей. Любой двухмерный DXF-файл может быть импортирован, снабжен необходимой технологией и записан либо в ESSI, либо в EIA-формате.

**Менеджер раскроев** генерирует программы раскроя деталей.

**Модуль «Список деталей»** управляет импортированными деталями, список деталей автоматически сохраняется вместе с раскроем.

**Модуль ETP** (Расширенный технологический пакет) содержит множество функций для оптимизации раскроев и качества технологии.

**Модуль управления данными (DMM)** служит для организации и управления обрабатываемыми деталями.

**Модуль управления листами (PMM)** служит для задания и управления новыми листами или деловыми отходами.

**Модуль статистики (DIM)** рассчитывает данные по обработке, сформированные в программе COLUMBUS. Рассчитываются расстояние, время, использование материала, площадь и вес.

**Модуль автораскладки** обеспечивает автоматический раскрой любой сложной геометрии, а также поддерживает работу с несколькими резаками. Модуль распознает и автоматически формирует пары деталей. Настраиваемые параметры раскроя обеспечивают оптимальное использование листа любого размера.

**DigiCAD** – это интегрированная CAD-система с двунаправленной обработкой данных, разработанная для проектирования двухмерных деталей. Она может использоваться в комбинации с базовым конвертером или менеджером раскроев.

**Технологическая база данных (TDB)** управляет данными, зависящими от машины и марки материала, используемыми в COLUMBUS:

- задание входов и выходов на детали;
- задание мостиков;
- определение поворотных блоков, окон и треугольников;
- задание параметров раскроя.

Задача программирования любого специфического раскроя упрощается и требует минимального времени благодаря тому, что заданные значения присвоены материалу и/или машине.

**2.1.2 Модуль управления раскладкой.** В левой части окна программы имеется вертикальная панель инструментов, содержащая контекстно-зависимые символы, зависящие от режима обработки (рисунок 2.2).



Раскладка



Технология



Масштабирование

Рисунок 2.2 – Основные режимы обработки

Обычно при пуске ПО COLUMBUS осуществляется автоматическая загрузка ранее открытых раскладок. Если при запуске ПО COLUMBUS удерживать в нажатом состоянии клавишу «SHIFT», то автоматической загрузки ранее открытых раскладок не произойдет.

**Режим раскладки.** В режиме раскладки в левой части окна расположена панель инструментов (рисунок 2.3).



Символ	Значение
	Выбор объекта
	Пуск режима автоматической раскладки (опция)
	Общий рез
	Показать все
	Обновить экран

Рисунок 2.3 – Панель инструментов в режиме раскладки

Общий рез возможен только при ограниченных размерах. Длина реза может быть различной. Направления реза в разделяемых контурах могут быть противоположными.

В режиме раскладки выбирают функцию «Общий рез», обозначенную символом . Появится положение курсора мыши . Выбором решают, какая деталь будет фиксированной, какая деталь будет наложена и какую точку принимают за начало реза. Первым щелчком кнопки мыши выбирают общий элемент реза детали, которая будет перемещена или повернута. Вторым щелчком выбирают оба элемента реза той детали, положение которой не будет меняться, и начальную точку реза. Начальная точка будет зафиксирована в начале и конце реза. Если ваш выбор приемлем, то деталь, выбранная первой, установится по отношению к другой детали, выбранной второй, на расстояние, определяемое заданными параметрами ширины реза. Общий элемент реза будет показан

штриховой линией в том случае, если деталь перемещалась на нужное расстояние без ошибки установки этого расстояния. С этого момента детали, выбранные как пара, объединяются в группы и выбираются вместе (для перемещения, копирования, соединения и т. д.). Рез общей линией предусматривает только прямолинейные линии врезки и выхода.

Для ввода данных для общего реза используют кнопки  и . Ввод установочных данных описан в разделе «Технологическая база данных».

Пересечение линии реза необходимо в том случае, когда направление реза для обеих деталей одинаково (рисунок 2.4, а).

Изменение ширины реза необходимо в том случае, когда направления реза для деталей противоположны (рисунок 2.4, б).

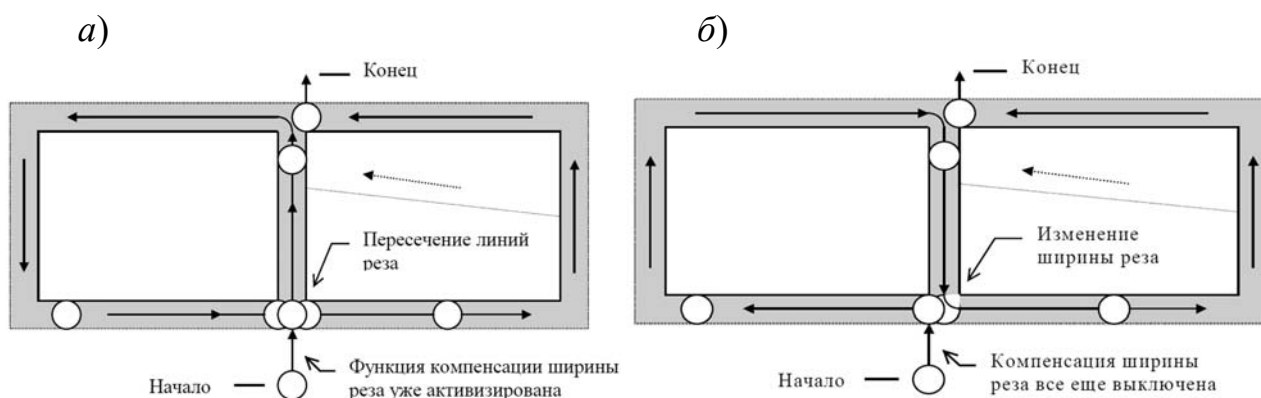


Рисунок 2.4 – Функция «Общий рез» для двух деталей: а – при одинаковом направлении реза; б – при противоположном направлении реза

**Режим технологии.** При выборе режима технологии в левой части экрана появляются следующие функции (рисунок 2.5).

Символ	Значение
	Выбор объекта
	Функции наклон/угол
	Присоединить/отсоединить в точке, выбранной щелчком кнопки мыши. (Изменить расположения линии вреза/выхода)
	Установить/переместить перемычки
	Ввести перемычку
	Определить остаток листа
	Показать все
	Обновить экран

Рисунок 2.5 – Функции режима технологии

Функция «Наклон/угол» вводит и удаляет петли на углах фигуры и «окошки (карманы)». Окошки могут устанавливаться на отдельном элементе, группе элементов, на отдельном компоненте и на отдельной детали (рисунок 2.6).

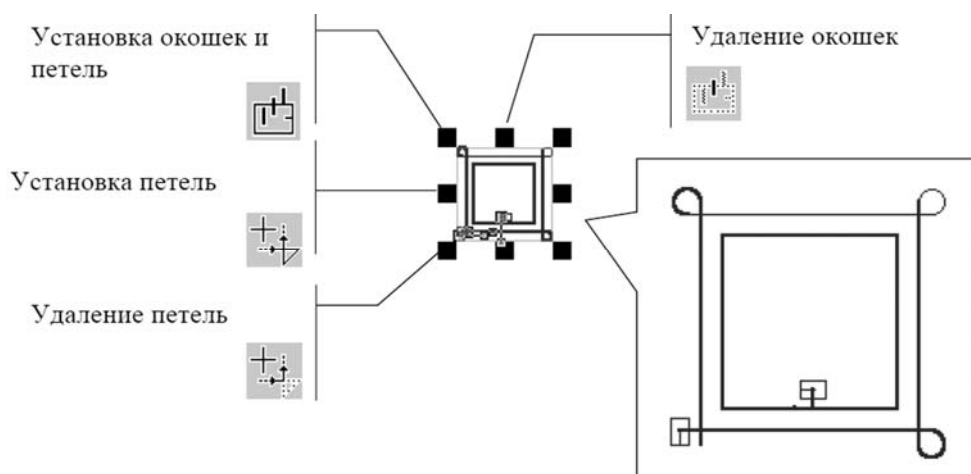



Рисунок 2.6 – Установление и удаление окошек петель

**Режим масштабирования.** При выборе режима масштабирования появляется следующий список команд (рисунок 2.7).

Символ	Значение
	Уменьшить коэффициент увеличения
	Увеличить выбранный объект
	Показать все
	Обновить экран

Рисунок 2.7 – Функции режима масштабирования

Сектор масштабирования можно определить с помощью рамки, нажимая одновременно левую кнопку мыши и клавишу ALT. Можно выбрать сектор масштабирования. Для этого не нужно включать режим масштабирования. Для выхода из режима масштабирования используется клавиша ALT и правая кнопка мыши.

**Выбор машины и кареток.** В ПО COLUMBUS перед тем, как открыть окно «Выбор машины», все окна модуля управления раскладкой, а также окна модуля управления данными должны быть закрыты. Выберите из панели команд сначала «Опции», затем – «Выбор машины» или щелкните левой кнопкой мыши по пиктограмме . После этого появится изображение машины со всеми каретками (рисунок 2.8).

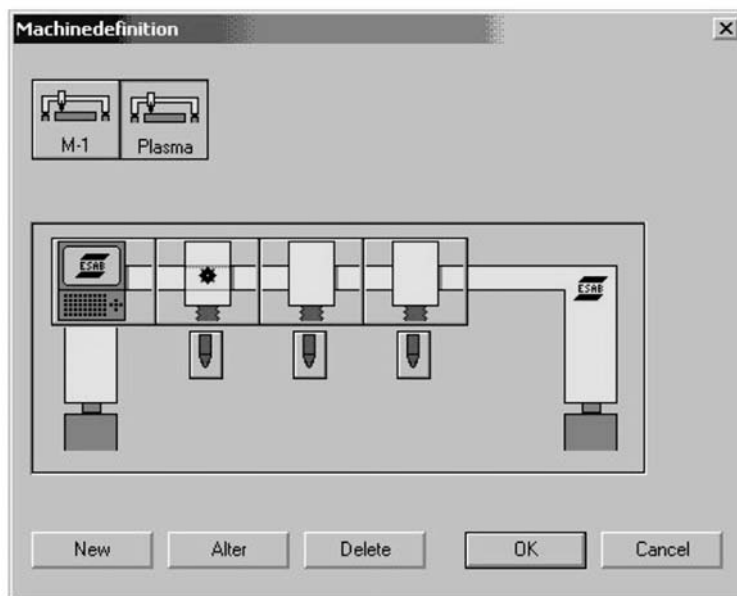



Рисунок 2.8 – Изображение машины с каретками

Если щелкнуть по одной из кареток, появится представленное ниже окно (рисунок 2.9). В этом окне можно назначить выбранную каретку приводной, ведущей или ведомой, а также автоматический выбор кареток и т. д.

**Ведущая приводная (моторная) каретка.** Как правило, такой кареткой является первая (левая) каретка машины. Введена может быть только одна ведущая каретка.

**Ширина каретки (Carriage width).** Ширина каретки необходима для вычисления минимального расстояния между каретками. Величина ширины каретки должна быть суммарной, т. е. включать правые и левые остановы.

**Регулирование высоты.** Определяет, как производится регулирование высоты – автоматически либо вручную, и имеется ли установочная регулировка расстояния между инструментом и листом.

Инструмент выбирается кнопкой . При расположении курсора мыши на пиктограммах процесса резания в строке состояния в нижней части экрана появляется наименование инструмента.

**Цифровое управление.** После введения установок для кареток необходимо щелкнуть на цифровом управлении (CNC) машины (она находится в окне «Выбор машины» в виде пиктограммы со стилизованным блоком управления и эмблемой ESAB). Появится следующее окно (рисунок 2.10).



Рисунок 2.9 – Окно назначения кареток

Выбирают систему управления Vision PC. Вводят формат программы (ESSI или EIA). Отмечают режим передачи (выхода) программы (Output), щелкнув на одной из кнопок выхода (возможны UDL или Диск).

После выбора UDL (Up-/Down-Load) вводят место сохранения данных. Для режима UDL (Up-/Download) необходима внешняя программа. В показанном окне введен предварительно выбранный путь.

### Функции помощи ESSI/EIA.

Для вывода функций помощи ESSI или EIA щелкните на одной из кнопок (ESSI или EIA-Import/-Export):



На экране появится таблица программы конвертации кодов импорта/экспорта.

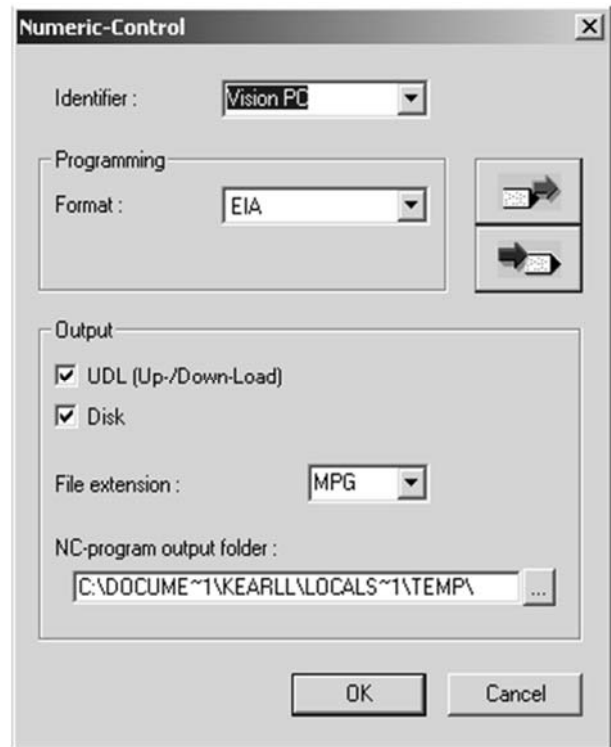


Рисунок 2.10 – Окно цифрового управления

## 2.2 Порядок выполнения работы

1 Изучить структурную схему и возможности модульного программного пакета COLUMBUS для задач резки.

2 Изучить назначения модулей управления, системы команд и функций программного пакета COLUMBUS.

3 Изучить модуль управления раскладкой, основные режимы обработки и порядок подготовки данных.

## 2.3 Содержание отчета

1 Наименование и цель лабораторной работы.

2 Структурная схема (ПО) COLUMBUS.

3 Назначения основных модулей управления (ПО) COLUMBUS.

4 Выводы по проделанной работе.

## Контрольные вопросы

1 Преимущества гибкой модульной CAD/CAM-системы COLUMBUS.

2 Какие модули управления входят в состав ПО COLUMBUS?

3 Опишите функции режима раскладки.

4 Опишите функции режима технологии.

5 Порядок подготовки оборудования в модуле управления раскладкой.



### 3 Лабораторная работа № 3. Разработка программы ЧПУ для машины плазменной резки SUPRAREX SXE-P с помощью программы DigiCAD/CAM и системы COLUMBUS

**Цель работы:** изучение системы NCE (ЧПУ) для управления обрабатывающими центрами кислородной, плазменной, лазерной резки, программного обеспечения DigiCAD/CAM с двухмерным изображением и обработкой ЧПУ, встроенного в систему COLUMBUS; изучение модуля управления раскладкой пакета COLUMBUS; получение навыков практической работы при программировании установки плазменной резки SUPRAREX SXE-P.

#### 3.1 Общие теоретические сведения

**3.1.1 Система NCE (ЧПУ).** Система NCE была разработана для управления обрабатывающими центрами кислородной, плазменной, лазерной резки, а также сверления, маркировки или разметки.

Управление обработкой осуществляется программами, которые содержат геометрические данные и данные команд обработки.

Команды обработки называются дополнительными функциями – AF (ДФ). Дополнительные функции и ввод программ зависят от особенностей оборудования. Список дополнительных функций (ДФ) в формате ESSI представлен в руководстве по программированию NCE 290, NCY 390, NCE 520, NCE 620. Некоторые ДФ представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Список некоторых дополнительных функций (ДФ)

ДФ	Значение
0	Остановка программы STOP ( СТОП)
5/6	Ускоренная подача (большая скорость) – ВКЛ / ВЫКЛ
7/8	Цикл резки (Cutting ON / OFF) – ВКЛ / ВЫКЛ
29	ЛЕВОСТОРОННЯЯ компенсация ширины реза
30	ПРАВОВОСТОРОННЯЯ компенсация ширины реза
31	Выбор каретки 1–9 – ВКЛ
31+...+...	Сцепление (с ведущей лентой) Y каретки 1–9 – ВКЛ
32	Выбор каретки 1–9 – ВЫКЛ
37+n+xxxxx	Позиционирование четырех ведущих кареток
38	Компенсация ширины реза – ВЫКЛ
39+	Программируемая скорость
40+	Величина ширины реза
41+	Время приостановки (временная остановка машины)
42	Перемычка реза – ВКЛ
42+...+...	Автоматическая перемычка реза с началом реза за контуром
43	Кислород резки – ВЫКЛ / Лазер – ВЫКЛ
44	Выбор прошивки отверстия
45	Управление положением горелки по высоте ёмкостным датчиком – ВКЛ
46	Управление положением горелки по высоте ёмкостным датчиком – ВЫКЛ
61+...	Начало координат активной рабочей зоны
62	Начальные координаты программы
63	Перезагрузка / конец программы

Геометрические данные могут быть получены непосредственно с чертежа изделия. Программы могут быть составлены также путем оцифровки чертежей сканированием оптическими системами (обучение).

Программы соответствуют формату (ESSI), который может считываться системой управления (контроллером).

**3.1.2 Программное обеспечение DigiCAD/CAM.** DigiCAD/CAM – это встроенный в систему COLUMBUS графический редактор с двухмерным изображением и обработкой ЧПУ (2-D Drawing and CNC Processing Software).

Экран **DigiCAD** подразделяется на следующие секции (рисунок 3.1):

- 1) участок двухмерного изображения;
- 2) командный интерпретатор, используется для прямого ввода команды и обеспечивает информацию об объектах;
- 3) микроокно, используется для обзора всех объектов и для просмотра трехмерных объектов, созданных в библиотеке Digitron Software ModuLIB;
- 4) строка состояния, внизу экрана информирует об активизированных вспомогательных чертежных средствах и о действующем режиме.

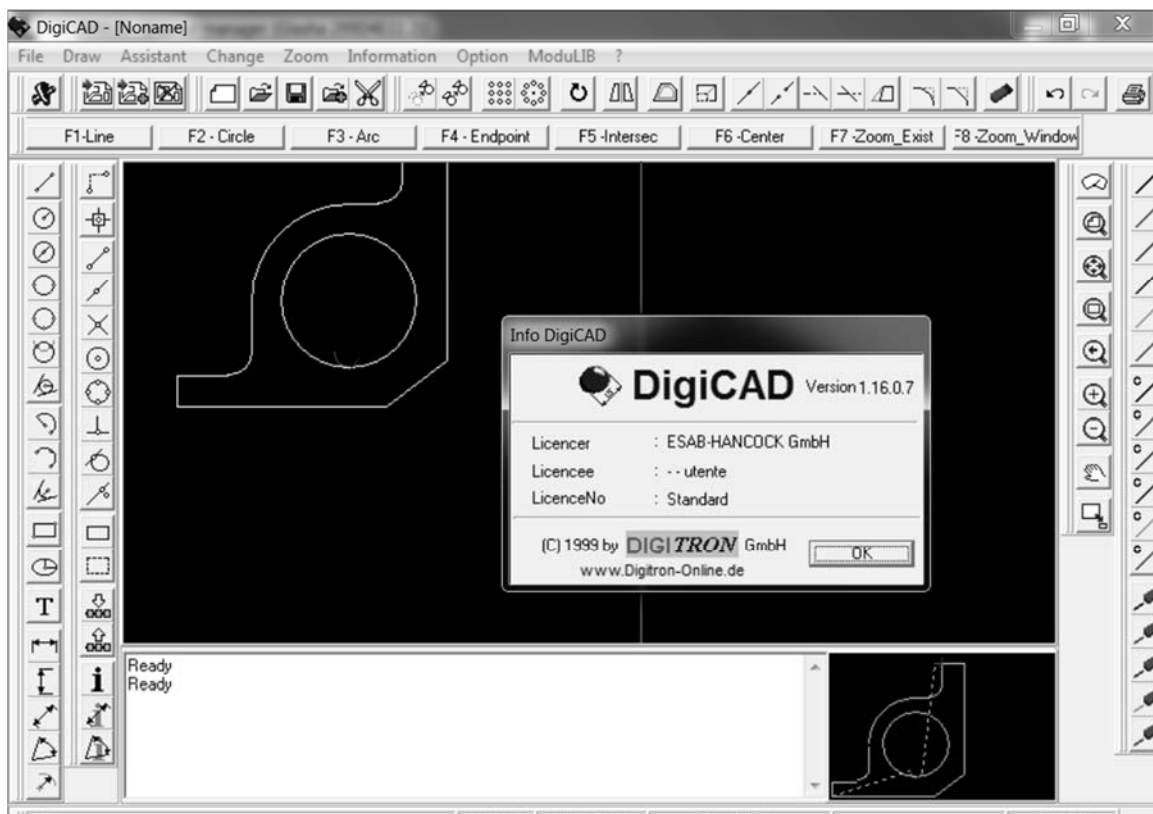


Рисунок 3.1 – Экран программного обеспечения DigiCAD

DigiCAD признает четыре варианта ввода команд:

- 1) через планку меню;
- 2) через позиционные клавиши F1–F8;
- 3) через пиктограммы;
- 4) в виде строки в командном интерпретаторе.

Возможна любая комбинация рисунка от руки мышкой и прямого ввода объектных точек в систему координат X–Y.

**Координатный ввод.** При черчении и обработке объектов DigiCAD попросит вас ввести в координатную систему X–Y точки, которые определяют объекты или расстояния. При вводе координат прямо в командный интерпретатор предлагаются следующие форматы.

Абсолютные фигуры. Формат ввода: точка помещается в координатах X, Y.

Относительные фигуры. Формат ввода: точка помещается относительно последней известной точки. Необходимым предварительным условием является то, что одна точка была уже установлена. Ввод 50#-40 сдвигает перекрестие на 50 мм вправо по оси X и на -40 мм вниз по оси Y.

**Векторный ввод.** Формат ввода: точка помещается на длину x и на угол y от последней известной точки. Необходимым предварительным условием является то, что одна точка была уже установлена. Ввод 50#90 сдвигает перекрестие на 50 точек в направлении 90°.

**Математическая окружность.** Все угловые фигуры, окружности, дуги, круговые объекты DigiCAD всегда вычисляются против часовой стрелки (рисунок 3.2, а).

Следующий пример иллюстрирует метод работы математической окружности при скруглении треугольника (рисунок 3.2, б). DigiCAD устанавливает радиус окружности, ищет против часовой стрелки до тех пор, пока не найдет объект, а затем обрезает угол.

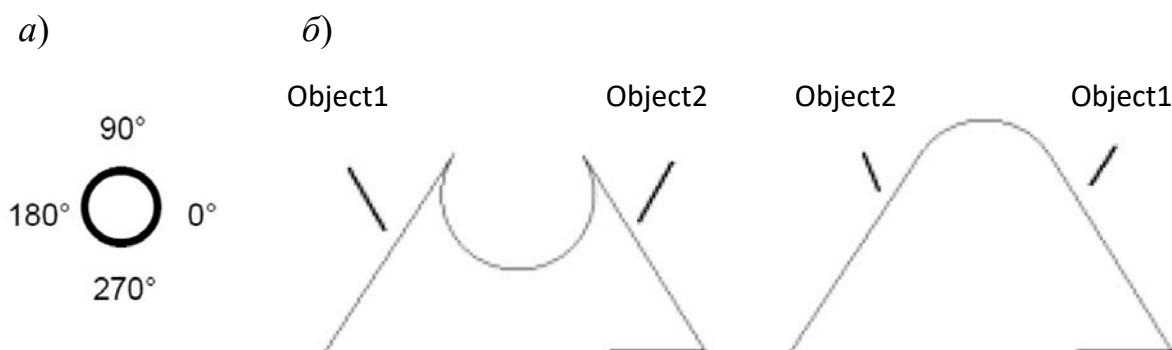



Рисунок 3.2 – Математическая окружность (а) и скругление углов (б)

**Редактирование существующих объектов.** Как только вы выбрали функцию редактирования, перекрестие меняется на рамку выделения – selection box. С помощью мыши перенесите его на объект, а затем щелкните: объект сейчас выделен и проявляется в виде ломаной линии. Для одновременного редактирования ряда объектов применяется групповое выделение.

**Изображенные объекты.** DigiCAD воспроизводит окружности и дуги на экране иногда в виде многоугольников. Это, однако, только изображаемая форма (очертание) объектов, а запрограммированные в компьютере объекты, конечно же, являются в действительности кругами и линиями.

**Чертежные функции.** Доступ к чертежным функциям осуществляется как через пиктограммы и команды меню, так и через прямой ввод в командном интерпретаторе.

Переход к листообрабатывающей программе DIGITRON ModuLIB осуществляется с помощью символа  (рисунок 3.3).

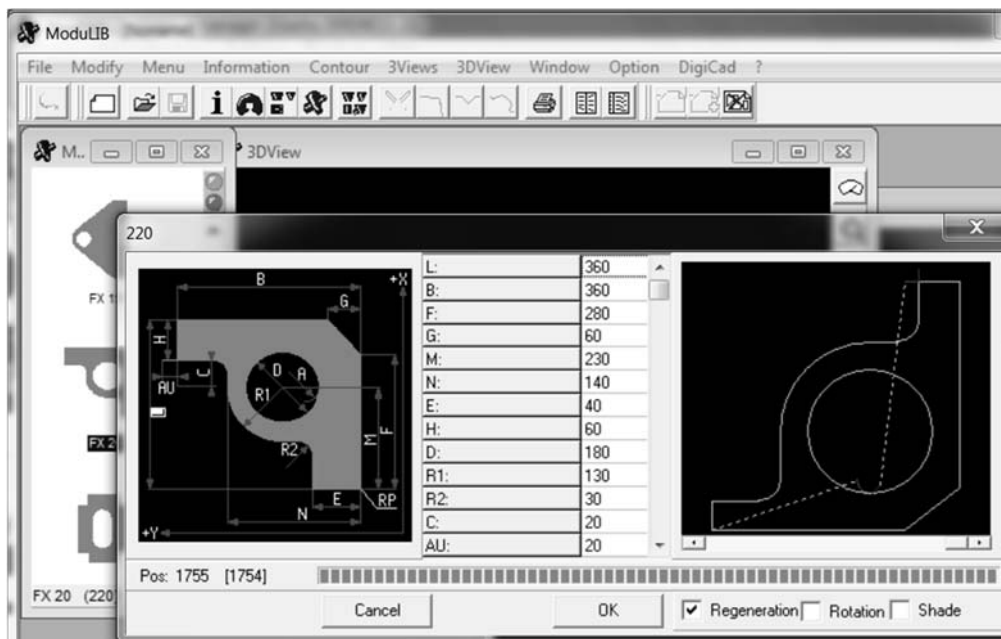




Рисунок 3.3 – Листообрабатывающая программа DIGITRON ModuLIB

**3.1.3 Автоматическая раскладка.** Эта опция применяется для автоматической раскладки на листе множества различных геометрических фигур. Автоматическая раскладка происходит значительно быстрее ручной раскладки. Коэффициент использования полезной площади листа при автоматической раскладке немного отличается от этого коэффициента при ручной раскладке. Имеется несколько способов влиять на последовательность процесса раскладки путем введения параметров автораскладки.

Выберите символ , а затем символ  параметров автораскладки. Откроется следующее диалоговое окно (рисунок 3.4).

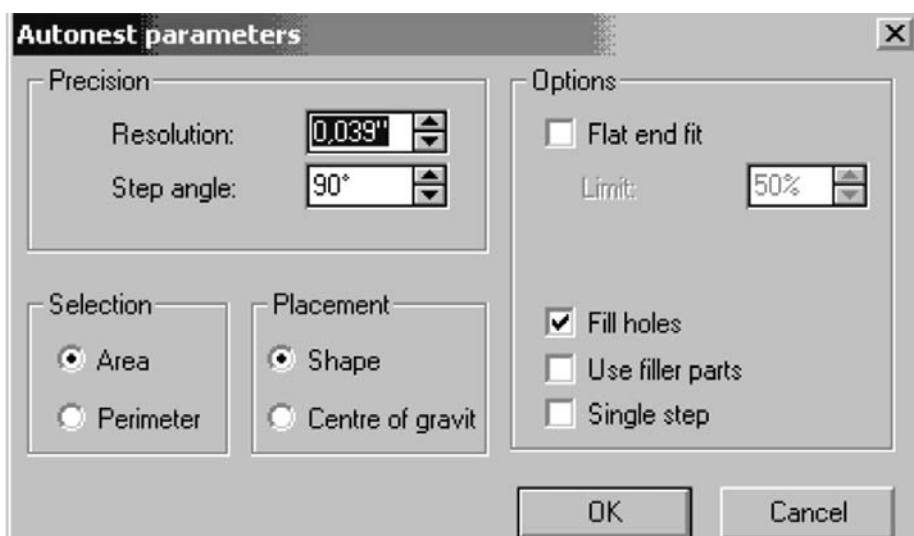


Рисунок 3.4 – Параметры автораскладки

### **Точность (Precision).**

**Разрешающая способность (Resolution).** Лист представлен в виде поля, поделенного на множество квадратиков с определенными размерами сторон (шаг). Заданные расстояния между деталями и между деталью и краем листа определяются с точностью этого шага. Обычно устанавливают точность, равную 1 мм/0,039” (дюймов). Возможная величина точности от 0,1 мм/0,0039” до 10 мм/0,39”. При высокой разрешающей способности резко увеличивается продолжительность раскладки.

**Угол поворота (Step angle).** Во время раскладки детали поворачиваются на заданный угол в пределах от 0° до 360°. Базовый режим: угол 90°. Продолжительность раскладки резко увеличивается при назначении малых углов поворота детали.

### **Выбор (Selection).**

**Площадь (Area).** Детали раскладываются в порядке их уменьшающейся площади. Если приоритет деталей введен в установках полей {field settings}, то они будут располагаться в первую очередь.

**Периметр (Perimeter).** Детали раскладываются в порядке уменьшения периметра. Иногда предпочтение отдается сложным деталям, которые будут помещены в первую очередь.

Базовый режим: обычно раскладку ведут по площади деталей.

### **Расположение (Placement).**

**По форме (Shape).** Детали раскладываются в соответствии с их формой. Предлагается раскладывать детали так, чтобы линия врезки удобно располагалась по отношению к стороне детали.

**По центру тяжести (Centre of gravit).** При раскладке стараются расположить детали так, чтобы их центр тяжести был бы как можно ближе к начальной точке и к торцу листа. В некоторых случаях это условие легче выполнить с длинными деталями.

Базовый режим: обычно раскладка ведется по форме.

### **Опции (Options).**

**Заполнение отверстий (Fill holes).** Если эта функция активизирована, то детали помещаются и во внутренние контуры деталей. Это зависит от расстояния между деталями и от размеров деталей. Перекрывание деталей при этом не наблюдается.

Базовый режим: обычно функция заполнения отверстий активизирована.



**Использование заполняющих деталей (Use filler parts).** При активизации этой функции пространство между деталями, внутренние контуры и остаток листа заполняются заполняющими деталями. Количество заполняющих деталей указывается и может достигать до 9999. Можно выделить приоритетные заполняющие детали.

Базовый режим: обычно эта функция не активизируется.

**Пошаговая раскладка (Single step).** При включенной функции «Пошаговая раскладка» после каждой уложенной детали раскладка приостанавливается и ждет согласия или несогласия (OK или ABORT)

с правильностью последнего шага. Можно восстановить последний шаг или модернизировать его. Если последний шаг изменен вручную, то можно повторно включить автоматическую раскладку и продолжать ее контролировать.

Базовый режим: обычно функцию «Пошаговая раскладка» не активизируют.

**Запуск функции автораскладки.** Выберите детали, подлежащие раскладке, в модуле управления данными (Data Manager) и перенесите данные в модуль управления раскладкой или импортируйте детали непосредственно в раскладку. Далее удалите все детали из эскиза, щелкнув на символ  из строки инструментов. Детали теперь вошли в список деталей, подлежащих автоматической раскладке. Введите параметры автораскладки. После ввода параметров выберите символ «Пуск автораскладки»  из строки символов модуля управления раскладкой (рисунок 3.5).

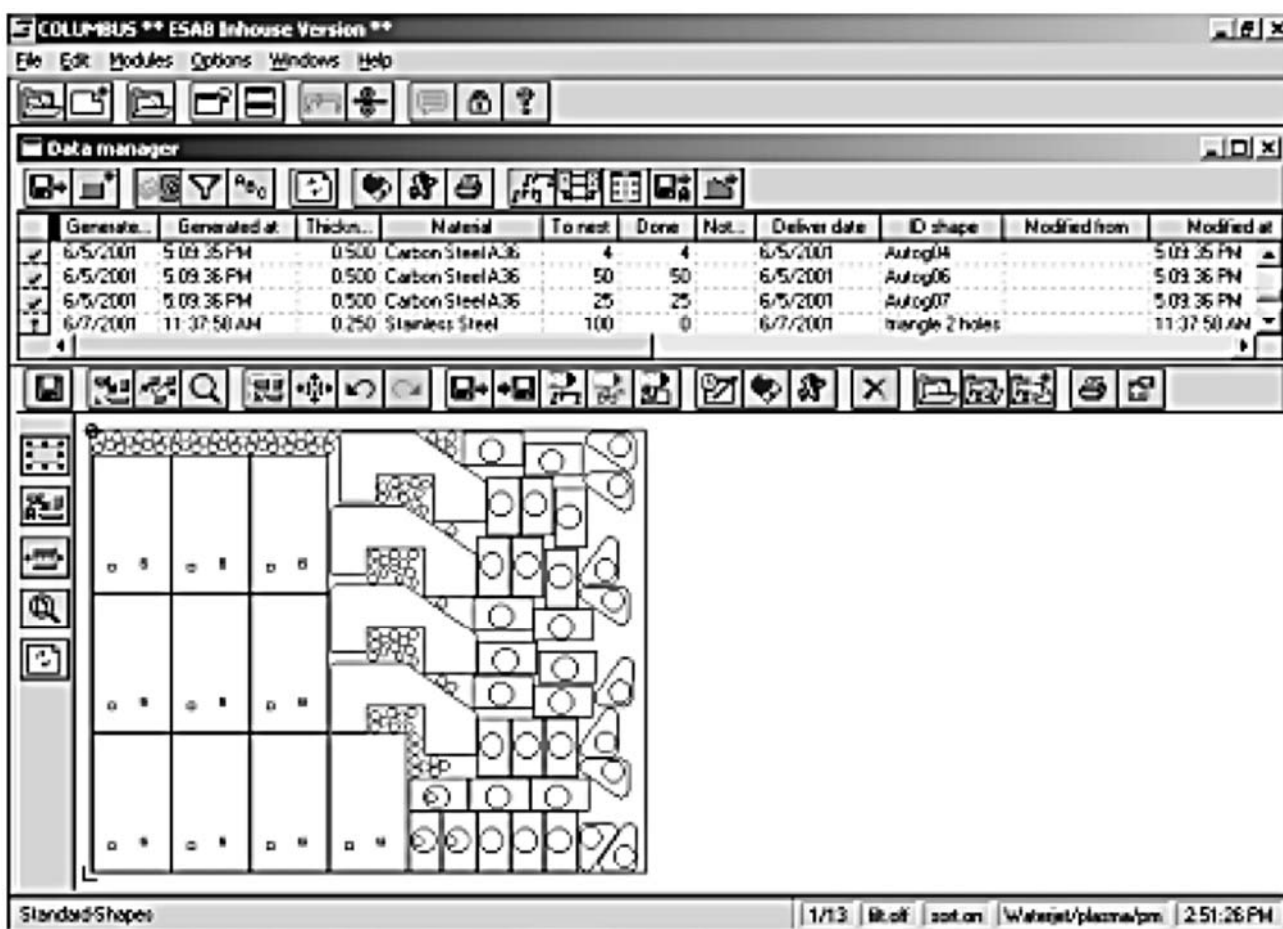



Рисунок 3.5 – Запуск функции автораскладки


Длительный опыт использования автоматической раскладки показывает, что для удовлетворительного результата достаточно ввести базовой режим работы. Использование листа при раскладке десяти различных деталей различного количества обычно равно 65 %. Ручная раскладка повышает этот процент не более чем на 2 %.

**3.1.4 Модуль управления данными (Data manager).** С помощью этого модуля пользователь может оперировать всеми данными о заказанных и изготовленных деталях. Список деталей, вошедших в раскладку, описывает только действия с деталями текущей раскладки. Для открытия окна модуля управления данными щелкните на кнопке  панели инструментов. Появится собственная строка инструментов (рисунок 3.6).

Символ	действие	Символ	действие
	Импорт геометрических фигур		Открыть макрос (модуль библиотеки)
	Новые прямоугольные фигуры		Печать списка и/или графики
	Переключение лист/вид детали		Назначение машины
	Установка состояния фильтра		Назначение кареток
	Установить сортировку		Назначение поля и списка
	Реконструировать список		Изменить назначение авто-импорта
	Открыть встроенную программу CAD		Назначение геометрических фигур для переноса

Рисунок 3.6 – Строка инструментов модуля управления данными

#### Определение полей и списков.

Для того чтобы использовать модуль управления данными в специальных целях, вы должны определить ваши поля и списки до начала работы. Для этого выберите символ «Поля и списки»  из строки инструментов. Откроется окно **Field&List-Definition** (рисунок 3.7).

Здесь можно:

- 1) выбрать порядок расположения полей;
- 2) выбрать число полей;
- 3) выбрать имена полей (стандартные или собственные);
- 4) назначить фиксированный список полей;
- 5) выбрать поля, в которых установки не могут быть изменены.

При назначении имени руководствуйтесь следующим.






Рисунок 3.7 – Определение полей и списков

Выберите в диалоговом окне **Field-Attributes** раздел «Стандартные имена» (Standard name), которые вы хотите изменить (например, из списка деталей).

Введите в поле ввода «Ваше имя:» (Own name:) требуемое обозначение (имя). Стандартное имя будет заменено на требуемое имя.

Далее щелкните на поле «Неизменяемый показ в списке» (Fixed displayment in list) в том случае, если вы хотите, чтобы данное вами имя оставалось в списке. «Неизменный показ в списке» означает, что данное имя поля не исчезнет при горизонтальном перемещении списка. В противном случае выберете кнопку «Содержание неизменно» (Contents not changeable). Вы можете вывести стандартные имена полей, принятых в ПО COLUMBUS, щелкнув по кнопке «Применение стандартных имен» (Using standard fieldnames).

### 3.1.5 Технологическая база данных (The Technology Database).

Для создания технологических данных для детали в поле «Назначение машины» (Machine selection) назначьте машину, на которой будет вырезаться эта деталь. Теперь щелкните правой кнопкой на поле ввода детали и выберите символ «Перенос детали в новый эскиз» . Активизируется модуль управления раскладкой. Теперь вы можете выбрать режим раскладки. Можете по вашему желанию расположить деталь в любом месте. После установки детали выберите режим технологии . Назначьте пути врезки и выхода и сохраните эти данные. Наконец, создайте программу управления машиной .

Окно технологической базы данных представлено на рисунке 3.8.

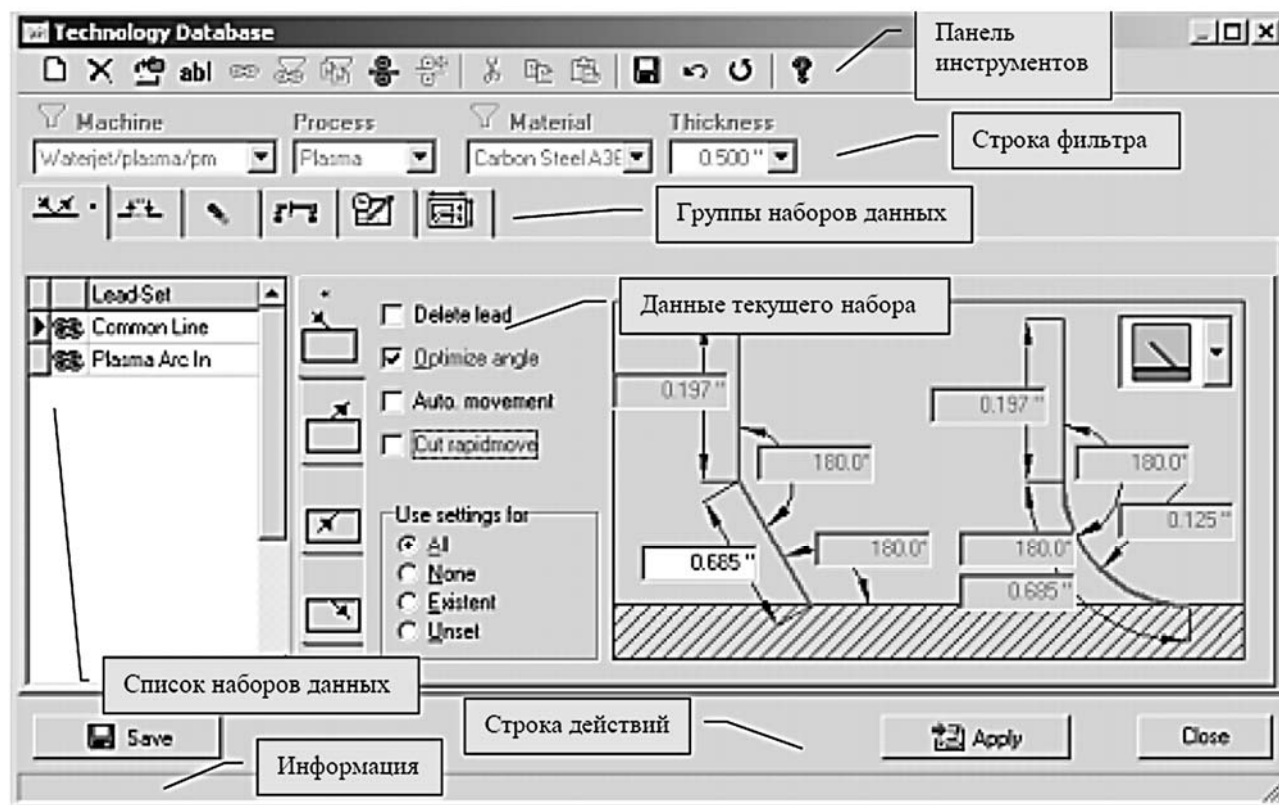


Рисунок 3.8 – Технологическая база данных



Технологическая база данных (ТБД) управляет следующими **группами набора данных**, применяемых в ПО COLUMBUS (рисунок 3.9).








СИМВОЛ	Значение
	Назначение траекторий врезки и выхода. Врезка/выход
	Назначение перемычек
	Назначение данных наклона, окошек и углов
	Назначение базовых данных цифрового управления
	Назначение основных вычислений модуля информационных данных.
	Назначение расстояний между деталями и данных перемычек при раскладке.

Рисунок 3.9 – Группы набора данных

Назначенные наборы данных выбираются для машины или для материала с применением **строки фильтров**. Фильтры автоматически устанавливаются на текущий эскиз, при вызове Технологической базы данных из ПО COLUMBUS, но могут быть изменены в любое время.

Фильтр, показанный в строке фильтров, влияет на список набора данных (рисунок 3.10). Показываются только те наборы данных, которые предписаны для активного фильтра. Фильтр одновременно влияет на все группы набора данных. Если отфильтрованные данные толщины отличаются от данных раскладки, то величина толщины листа на эскизе показана красным цветом.

Фильтры машина/процесс и материал/толщина могут быть отдельно включены/выключены с помощью соответствующих символов фильтров .

**Список набора данных.** Показываются только те наборы данных, которые выбраны для текущего фильтра.

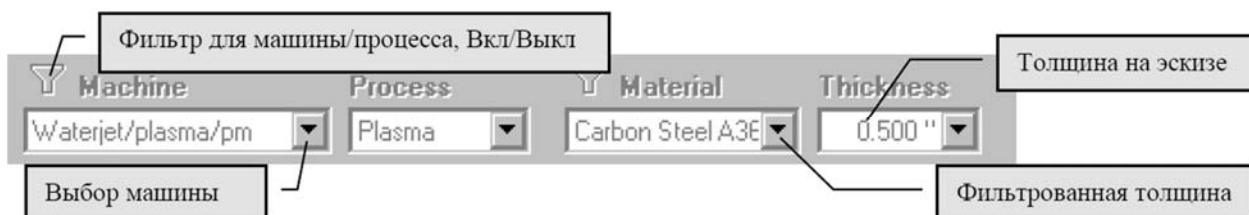



Рисунок 3.10 – Строка фильтров

**Строка действий.** В строке действий расположены следующие кнопки:

 Save: сохранить изменения в базе данных;

 Apply: перенести данные в COLUMBUS;

Close: закрыть технологическую базу без передачи данных в COLUMBUS.

**Панель инструментов.** Символы строки инструментов для редактирования технологической базы данных показаны на рисунке 3.11.













<b>Символ</b>	<b>Значение</b>
	Создать новый набор данных.
	Удалить выбранный набор данных.
	Переименовать текущий набор данных.
	Назначить наборы данных для машины/материала.
	Назначить выбранные наборы данных для последнего фильтра.
	Копировать выбранные наборы данных для последнего фильтра.
	Редактировать материал
	Создать новый материал
	Вырезать выбранные наборы данных.
	Копировать выбранные наборы данных.
	Вставить скопированные/вырезанные наборы данных.
	Сохранить изменения в базе данных.
	Отменить изменения.
	Повторно загрузить данные из базы данных.
	Информация о технологической базе данных.

Рисунок 3.11 – Символы строки инструментов

### ***3.2 Порядок выполнения работы***

- 1 Изучить программное обеспечение DigiCAD/CAM с двухмерным изображением и обработкой ЧПУ.
- 2 Изучить модули автораскладки и модуль управления данными.
- 3 Изучить возможности технологической базы данных.

### ***3.3 Содержание отчета***

- 1 Наименование и цель лабораторной работы.
- 2 Назначение модулей автораскладки, модуля управления данными.
- 3 Назначение групп набора данных технологической базы данных.
- 4 Выводы по проделанной работе.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Опишите порядок построения геометрии деталей с помощью программного обеспечение DigiCAD/CAM.
- 2 Опишите функции модуля управления данными и модуля автораскладки.
- 3 Какие данные задаются в технологической базе данных?
- 4 Опишите порядок подготовки раскладки и формирования программы ЧПУ для установки плазменной резки.

## 4 Лабораторная работа № 4. Изучение устройства и принципа работы трубогибочного станка CNC-4-65-BR3 для гибки металлических труб

**Цель работы:** изучение назначения, характеристик, устройства и принципа работы трубогибочного станка CNC-4-65-BR3; получение навыков практической работы с программным обеспечением; формирование программы управления для трубогибочного станка.

### 4.1 Общие теоретические сведения

**4.1.1 Устройство и принцип работы трубогиба CNC-4-65-BR3.** Универсальный автоматический трубогибочный станок серии CNC-4-65-BR3 представлен на рисунке 4.1. На станке можно осуществлять гибку круглых, прямоугольных и плоскоовальных труб.

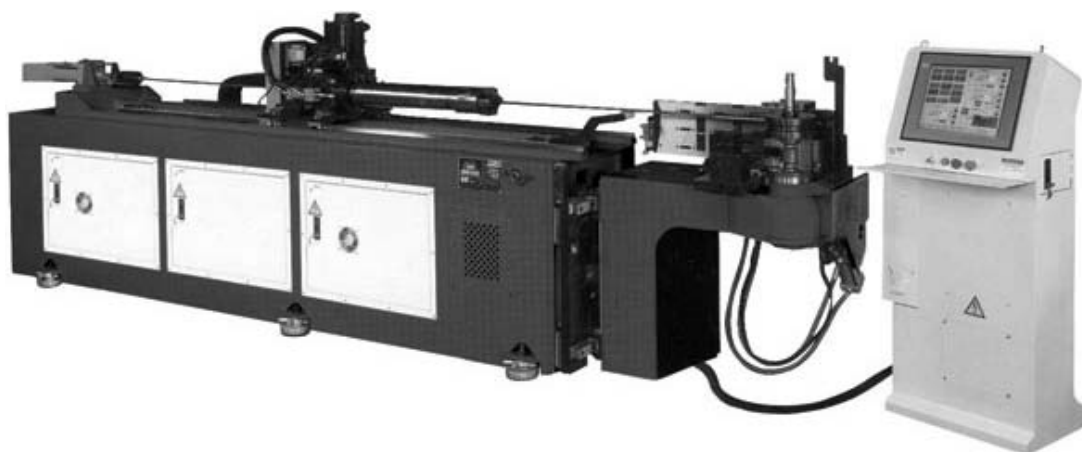


Рисунок 4.1 – Трубогибочный станок CNC-4-65-BR3

Станок имеет цанговый патрон, автоматически зажимающий/разжимающий трубу и управляемый системой ЧПУ по оси поворота и по координате осевого перемещения. Имеется автоматическая система опускания и поднятия суппорта, исключающая провисание длинных труб.

Также есть возможность установки трех гибочных головок, что обеспечивает выполнение гибов с несколькими различными радиусами на одном изделии. При этом одна или две головки осуществляют гибку фиксированным радиусом методом намотки на вращающийся гибочный штамп, а третья обеспечивает гибку методом проталкивания заготовки через вращающиеся ролики, обеспечивающим получение дуг и арок малой и переменной кривизны.

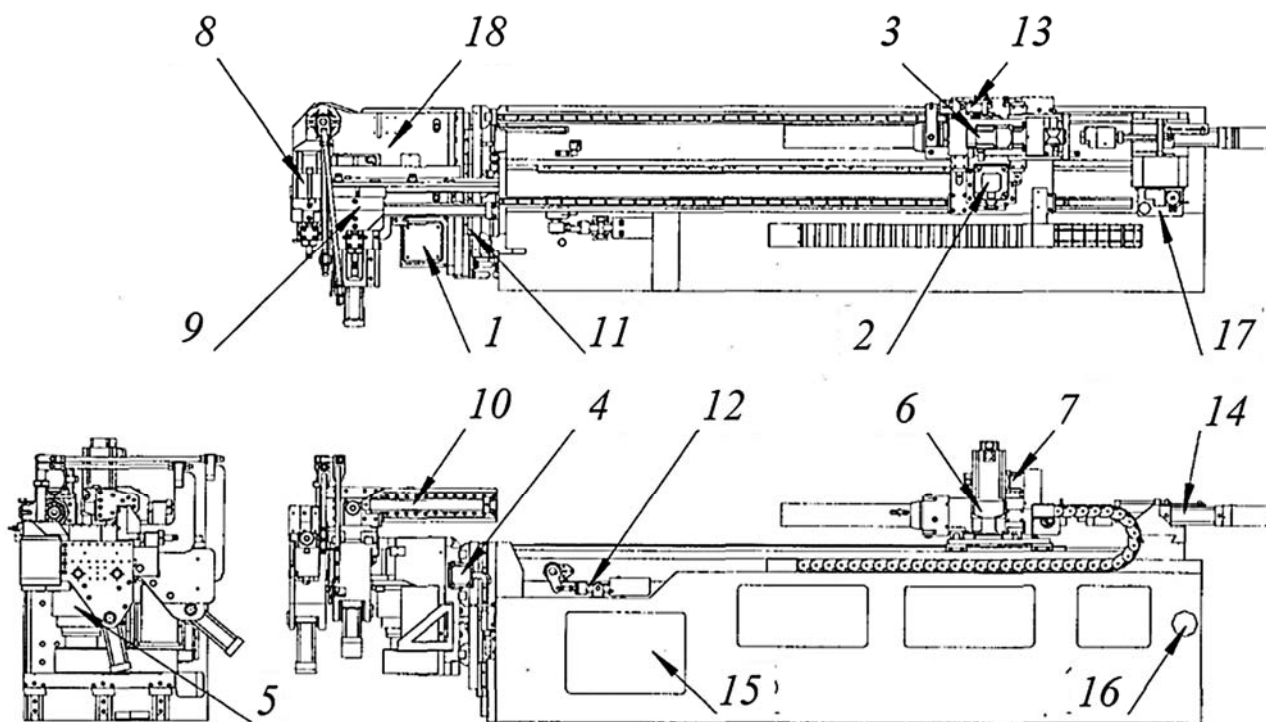
Основные технические характеристики станка CNC-4-65-BR3 представлены в таблице 4.1.

Иллюстрации основных частей станка CNC-4-65-BR3 представлены на рисунке 4.2.

Общий вид и кнопки управления на контрольной панели представлены на рисунке 4.3.

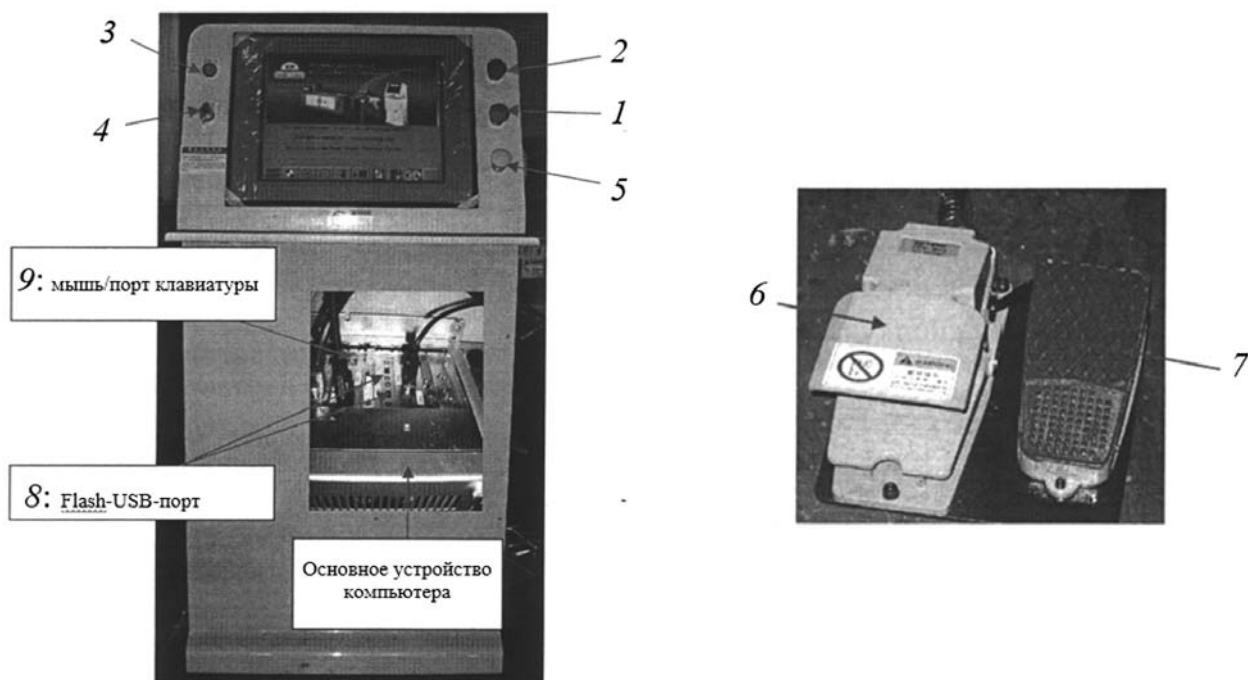
Таблица 4.1 – Основные технические характеристики станка CNC-4-65-BR3

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Используемая мощность	АС 220 В; три фазы; 50 Гц	Скорости станка	Ось гибки: 80°/с; ось подачи: 800 мм/с; ось поворота трубы: 150°/с
Используемый мотор	27 ЛС	Возможности обработки	Радиус: R 220 мм; угол: 0 ~ 190°; возможность гибки прокаткой: > 7 D
Давление	Высокое: 140...160 кг/см <sup>2</sup> ; низкое: 70...75 кг/см <sup>2</sup> ; возврата: 30...50 кг/см <sup>2</sup> ; масла: 5...7 кг/см <sup>2</sup>	Размер обрабатываемой трубы	Максимальный диаметр/толщина стенки: 65/2,2 мм
Объем масляного бака	517 л (80 % заполнения)	Точность процесса	Угол гибки: ± 0,05°; ось подачи: ± 0,1 мм; угол вращения: ± 0,05°
Позиционирование шпинделя	Максимальное расстояние 3500 мм	Габариты Д×Ш×В	630×120×160 см
		Масса	6000 кг



1 – сервомотор для гибочного вала; 2 – сервомотор для подающего вала; 3 – сервомотор для поворотного вала; 4 – сервомотор для передвижной оси; 5 – деселератор для гибочного вала; 6 – деселератор для подающего вала; 7 – деселератор для поворотного вала; 8 – гибочная консоль; 9 – штамп давления; 10 – стойка усилителя; 11 – стойка передвижения; 12 – стойка суппорта; 13 – стойка цангового патрона; 14 – стойка дорна; 15 – гидравлическая система; 16 – масляный охладитель; 17 – система смазки дорна; 18 – конфигурация главной стойки

Рисунок 4.2 – Основные части станка CNC-4-65-BR3



1 – автозапуск; 2 – аварийная остановка; 3 – индикатор питания; 4 – выключатель питания (ключ); 5 – пауза; 6 – съёмная педаль автоматического пуска; 7 – съёмная педаль аварийного останова; 8 – Flash-USB-порт; 9 – мышь/порт клавиатуры

Рисунок 4.3 – Общий вид контрольной панели станка CNC-4-65-BR3

**4.1.2 Программирование процесса гибки на станке CNC-4-65-BR3.** Экран сброса и запуска программы ЧПУ представлен на рисунке 4.4.

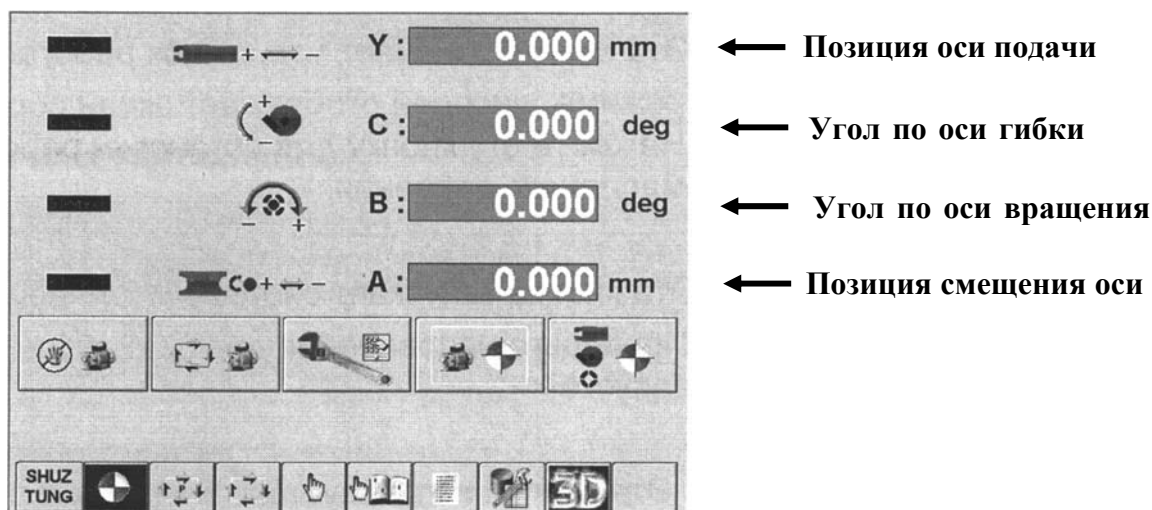


Рисунок 4.4 – Экран сброса и запуска процесса гибки

Экран автоматического режима представлен на рисунке 4.5.

1 **TOTAL COUNTER: Общий счетчик** – счетчик, фиксирующий значения с момента выпуска на заводе (нельзя сбросить значения).

2 **DAY COUNTER: Счетчик за день** – счетчик ежедневных значений.

3 **RUNNING TIMES: количество запусков.**

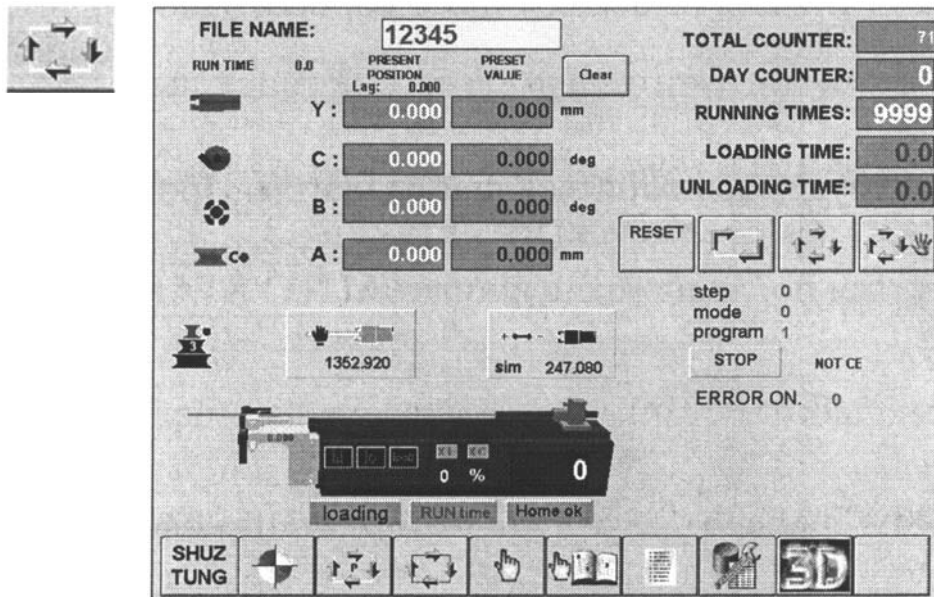



Рисунок 4.5 – Экран автоматического режима

4 **Clear:** Очистка - кнопка сброса значений.


5 **LOADING TIME:** Время загрузки.

6 **UNLOADING TIME:** Время разгрузки.

7 **RESET:** кнопка сброса.

8  – переключатель режимов для пошагового выполнения операций / непрерывного цикла.

9  **AUTO START** – процедура будет выполняться шаг за шагом.

10  **PAUSE** – приостановка выполнения операций. Если нажать **AUTO START**, станок продолжит выполнение операции.

Экран ручного управления представлен на рисунке 4.6 и в таблице 4.2.

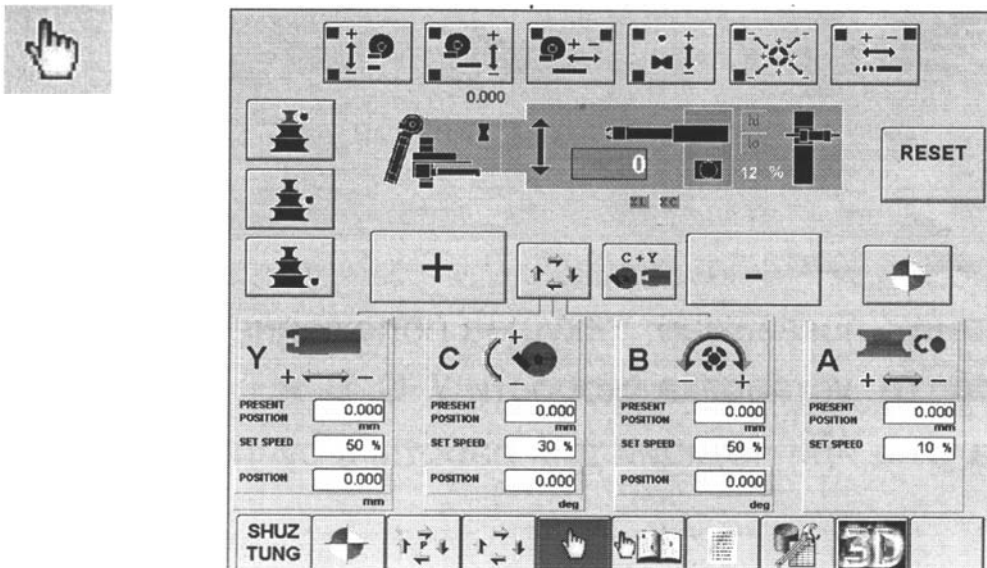



















Рисунок 4.6 – Экран ручного управления

Таблица 4.2 – Функциональные клавиши экрана ручного управления

Символ	Значение
	Клавиша отображения всех осей. Настройки для позиций Y, B, C, A. <b>PRESENT POSITION:</b> показывает текущее положение. <b>SET SPEED</b> – установка скорости осей Y, C, B, A. <b>POSITION</b> – установка угла или позиции для работы в ручном режиме
	Верхний блок пресс-форм
	Средний блок пресс-форм
	Нижний блок пресс-форм
<b>RESET</b>	Функциональная клавиша для сброса условий, отклоняющихся от нормы
	Выбор любой оси     и клавиши  для выполнения сброса к исходной точке
	Возможность выполнять одновременное движение вперед (подающая ось + гибочная ось). Скорость движения вперед – в соответствии с настройкой скорости гибочной оси, скорость оси подачи автоматически высчитывается ЭВМ
	Зажим/разжатие гибочного штампа
	Сжатие/разжатие цанги
	Суппорт вверх/вниз
	Зажим/разжатие штампа давления
	Штамп давления вперед/назад
	Дорн вперед/назад

Режимы работы станка представлены на рисунке 4.7.

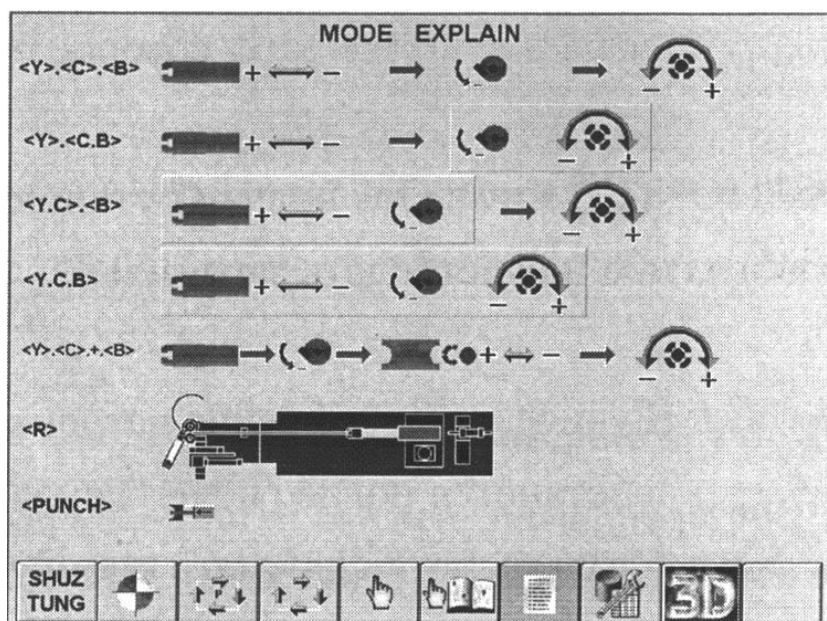


Рисунок 4.7 – Режимы работы станка CNC-4-65-BR3

Режимы работы станка CNC-4-65-BR3:

- 1) <Y>.<C>.<B>: сначала идет подача, затем гибка, затем вращение;
- 2) <Y>.<C.B>: сначала идет подача, затем одновременно движется ось гибки и происходит вращение;
- 3) <Y.C>.<B>: идут подача и гибка одновременно, затем вращение;
- 4) <Y.C.B >: подача, гибка и вращение происходят одновременно;
- 5) <Y>.<C>+.<B>: если угол гибки меньше  $90^\circ$ , то станок сделает автоматическое движение. Если установлен режим 4, станок вначале выполнит подачу, затем возврат консоли (гибка), затем отвод гибочного штампа;
- 6) < R>: прокатка через ролики (подача вперед, затем возврат консоли).

При программировании процесса гибки создается 3D-модель трубы (рисунок 4.8), и после ее предварительного просмотра осуществляется 3D-симуляция программы гибки при отображении условия столкновения детали со станком (рисунок 4.9). Функциональные клавиши режима 3D-симуляции показаны в таблице 4.3. В случае отсутствия проблем производится реальная гибка трубы.

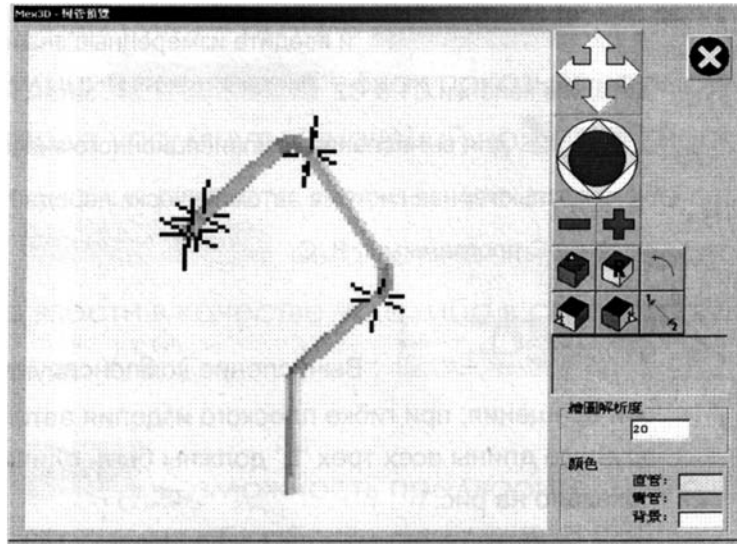


Рисунок 4.8 – Предварительный просмотр модели гибки трубы

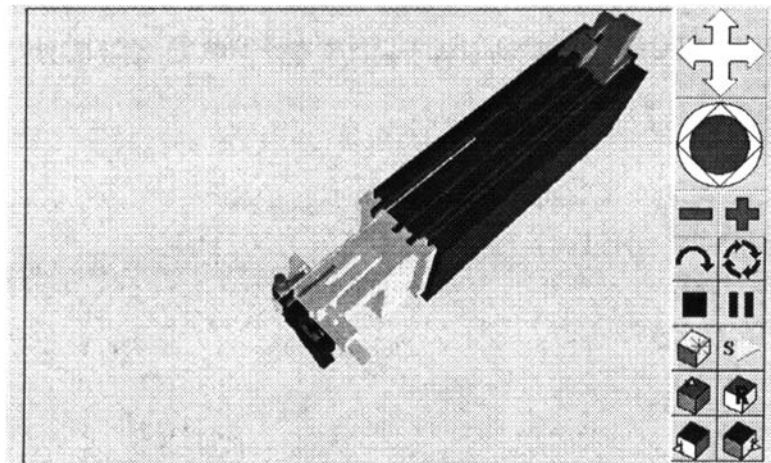









Рисунок 4.9 – 3D-симуляция программы обработки



Таблица 4.3 – Функциональные клавиши режима 3D-симуляции

Символ	Значение
	Однократное выполнение одного шага симуляции
	Автоматическое выполнение всего процесса симуляции от загрузки трубы до разжатия инструмента
	Остановить симуляцию: для прерывания симуляции и возврата к экрану загрузки разогнутой трубы
	Пауза симуляции
	Симулирует процесс и показывает столкновение
	Рестарт симуляции: остановка симуляции и рестарт симуляции с начала
	Если чертеж детали представлен в координатах X, Y, Z, выберите данную кнопку для ввода соответствующих параметров

#### **4.2 Порядок проведения работы**

1 Изучить конструкцию трубогибного станка CNC-4-65-BR3.

2 При помощи технического описания и сопроводительной документации изучить элементы рабочего экрана и порядок программирования процесса гибки металлических труб на станке CNC-4-65-BR3.

#### **4.3 Содержание отчета**

1 Цель лабораторной работы.

2 Перечень основных узлов трубогибного станка CNC-4-65-BR3 и их назначение.

3 Назначение элементов главного экрана и общий принцип программирования процесса гибки на станке CNC-4-65-BR3.

4 Выводы по работе.

#### **Контрольные вопросы**

1 Универсальные автоматические трубогибные станки. Новые возможности и отличительные особенности, области применения.

2 Опишите особенности работы автоматических трубогибов серии CNC.

3 Основные технические характеристики трубогиба CNC-4-65-BR3. Какие механизмы входят в состав трубогибного станка CNC-4-65-BR3?

4 Опишите основные функции экрана автоматического режима.

5 Опишите основные функции экрана ручного управления.

6 Задание режимов работы трубогиба. Работа в режиме 3D.

## 5 Лабораторная работа № 5. Изучение устройства и принципа работы лазерной установки Trumpf TruLaser 3030

**Цель работы:** изучение назначения, характеристик, устройства и принципа работы лазерной установки Trumpf TruLaser 3030; получение навыков практической работы с программным обеспечением TruTops Laser; формирование программы управления для лазерной установки.

### 5.1 Общие теоретические сведения

**5.1.1 Установка лазерной резки Trumpf TruLaser 3030.** Установка для лазерной резки представлена на рисунке 5.1.

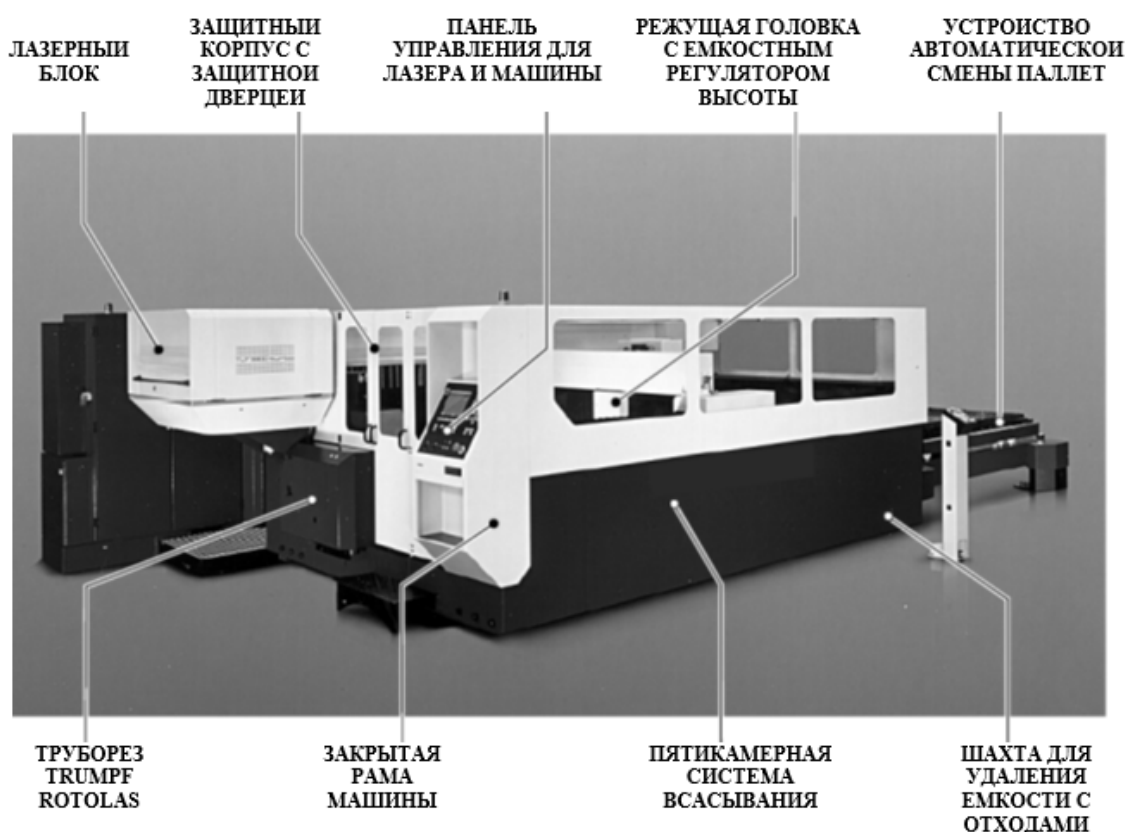


Рисунок 5.1 – Установка лазерной резки Trumpf TruLaser 3030

Основным элементом является лазер на газовой смеси. Лазерный луч создается на базе газов  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  и  $\text{He}$  при высокочастотном электромагнитном излучении в два этапа (рисунок 5.2).

1 Энергия высокочастотного генератора (13,56 МГц) возбуждает молекулы  $\text{N}_2$ . Далее возбужденные молекулы  $\text{N}_2$  передают свою энергию молекулам  $\text{CO}_2$ , которые переходят в возбужденное состояние. Возбужденные молекулы  $\text{CO}_2$  отдают часть своей энергии в виде лазерного излучения.

2 Молекулы  $\text{CO}_2$  возвращаются в начальное энергетическое состояние, а молекулы  $\text{He}$  поглощают оставшуюся энергию молекул  $\text{CO}_2$  и преобразуют ее в тепло (поэтому КПД процесса не превышает 10 %).

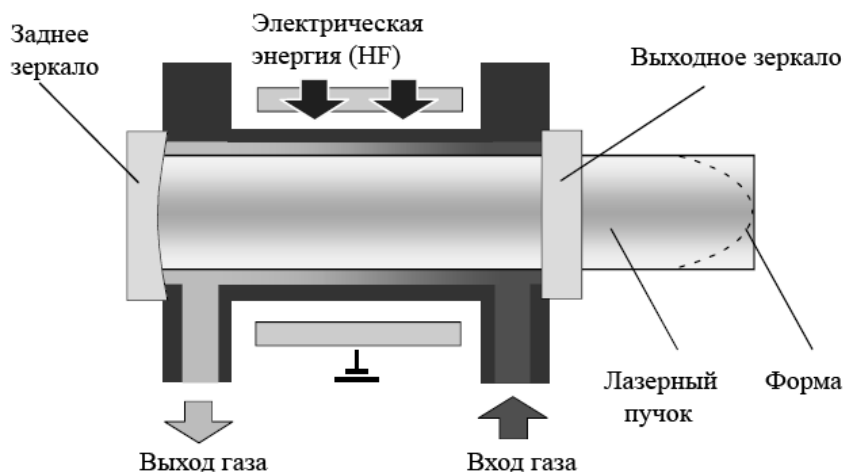


Рисунок 5.2 – Схема создания лазерного луча

Принцип усиления лазерного луча заключается в явлении резонанса (рисунок 5.3, *а*). Резонатор имеет квадратную форму и разделен на два уровня. Лазерное излучение отклоняется при помощи отклоняющих зеркал US1–US8. Глухое зеркало RS полностью отражает лазерное излучение. Зеркало вывода энергии AS является полупрозрачным и отражает только часть излучения. Остальная часть излучения проходит через зеркало вывода энергии и служит для резки материала.

Приток газовой смеси осуществляется звездообразно через центробежный турбонагнетатель (турборадialный вентилятор) наружу на угловые блоки резонатора (рисунок 5.3, *б*).

Высокая плотность энергии приводит к быстрому нагреву, плавлению и частичному или полному испарению металла. Соосный с лазерным лучом выходной газовый поток удаляет расплавленный металл из зоны реза. Круговая поляризация гарантирует неизменное качество реза в любом направлении резки.

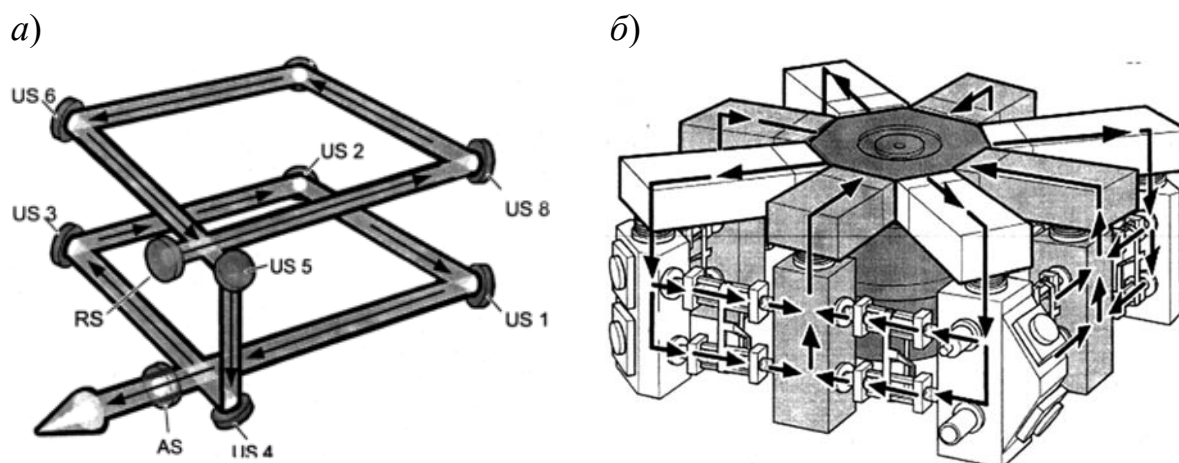


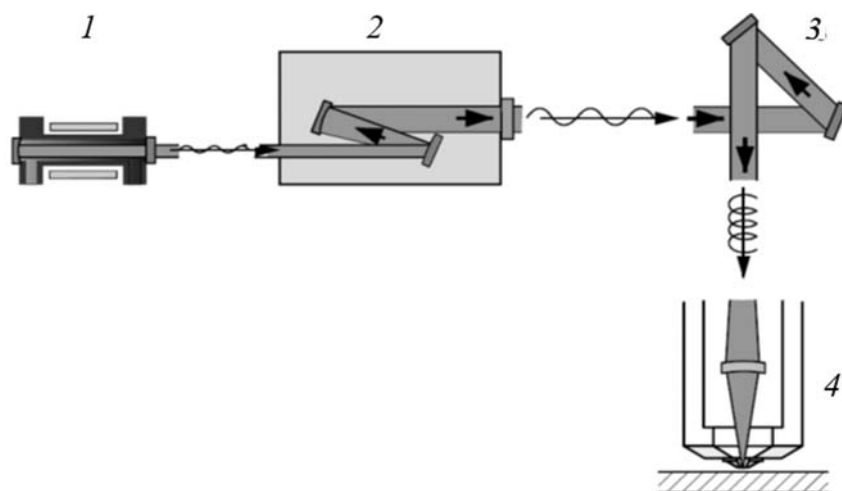
Рисунок 5.3 – Ход лучей (*а*) и схема циркуляции газов (*б*) в резонаторе

Технические характеристики установки лазерной резки TruLaser 3030 представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Технические характеристики установки лазерной резки TruLaser 3030

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Рабочий диапазон:		Лазер TruFlow 4000:	
ось X	3000 мм	максимальная мощность	4000 Вт
ось Y	1500 мм	диапазон регулируемой	
ось Z	115 мм	мощности с шагом 1 %	200...4000 Вт
Заготовка:		длина волны	10,6 мкм
максимальный вес	710 кг	пространственная мода	TEM <sub>01</sub>
Максимальная скорость:		частота импульсов	10 Гц...10 кГц
в осевом направлении	60 м/мин	лазерные газы	CO <sub>2</sub>   N <sub>2</sub>   He
при одновременном		Максимальная толщина листа:	
перемещении по двум осям	85 м/мин	низкоуглеродистая сталь	20 мм
Система ЧПУ: Siemens		нержавеющая сталь	15 мм
Sinumerik 840D		алюминий	10 мм
Точность:		Потребляемая электрическая	
минимальное програм-		мощность всей системы	33...65 кВт
мируемое перемещение	0,001 мм	(включая отсасывающее	
точность позициониро-		устройство, систему	
вания Pa	±0,1 мм	управления, ВЧ генератор и	
повторяемость Ps	±0,03 мм	устройство охлаждения)	

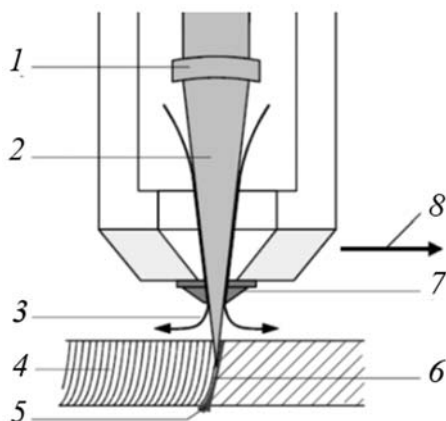
**Свойства лазерного излучения.** TruFlow-лазер испускает излучение, имеющее длину волны, равную 10 600 нм (= 10,6 мкм). Эта длина волны лежит в инфракрасном диапазоне, так что лазерный свет невидим для человеческого глаза. Фазовращатель изменяет поляризацию лазерного излучения: линейная поляризация преобразуется в круговую. Для света с круговой поляризацией электрическое поле электромагнитной волны осциллирует, т. е. следует по спирали вокруг направления распространения. Лазерное излучение почти параллельно, т. е. луч расширяется незначительно. Лазерное излучение может быть также легко сфокусировано (рисунок 5.4).



1 – резонатор; 2 – лучевой телескоп; 3 – зеркала и фазовращатель; 4 – режущая головка с фокусирующей линзой и соплом

Рисунок 5.4 – Ведение луча от резонатора до заготовки

**Процесс резки.** Высокая плотность энергии приводит к быстрому нагреву, плавлению и частичному или полному испарению металла. Соосный с лазерным лучом выходной газовый поток удаляет расплавленный металл из зоны реза (рисунок 5.5). Фронт реза заготовки продвигается либо при подаче устройства фокусировки, либо при перемещении заготовки. Круговая поляризация гарантирует неизменное качество реза в любом направлении резки. Для линейно поляризованного пучка качество реза зависит от направления резки.



1 – фокусировка; 2 – лазерный пучок; 3 – струя рабочего газа; 4 – профиль реза; 5 – расплав или шлак; 6 – фронт реза заготовки; 7 – сопло; 8 – направление реза

Рисунок 5.5 – Процесс лазерной резки

**5.1.2 Программное обеспечение TruTops Laser.** Программное обеспечение разработано специально для выполнения двухмерной лазерной обработки. Создание программы ЧПУ осуществляется за **три шага**.

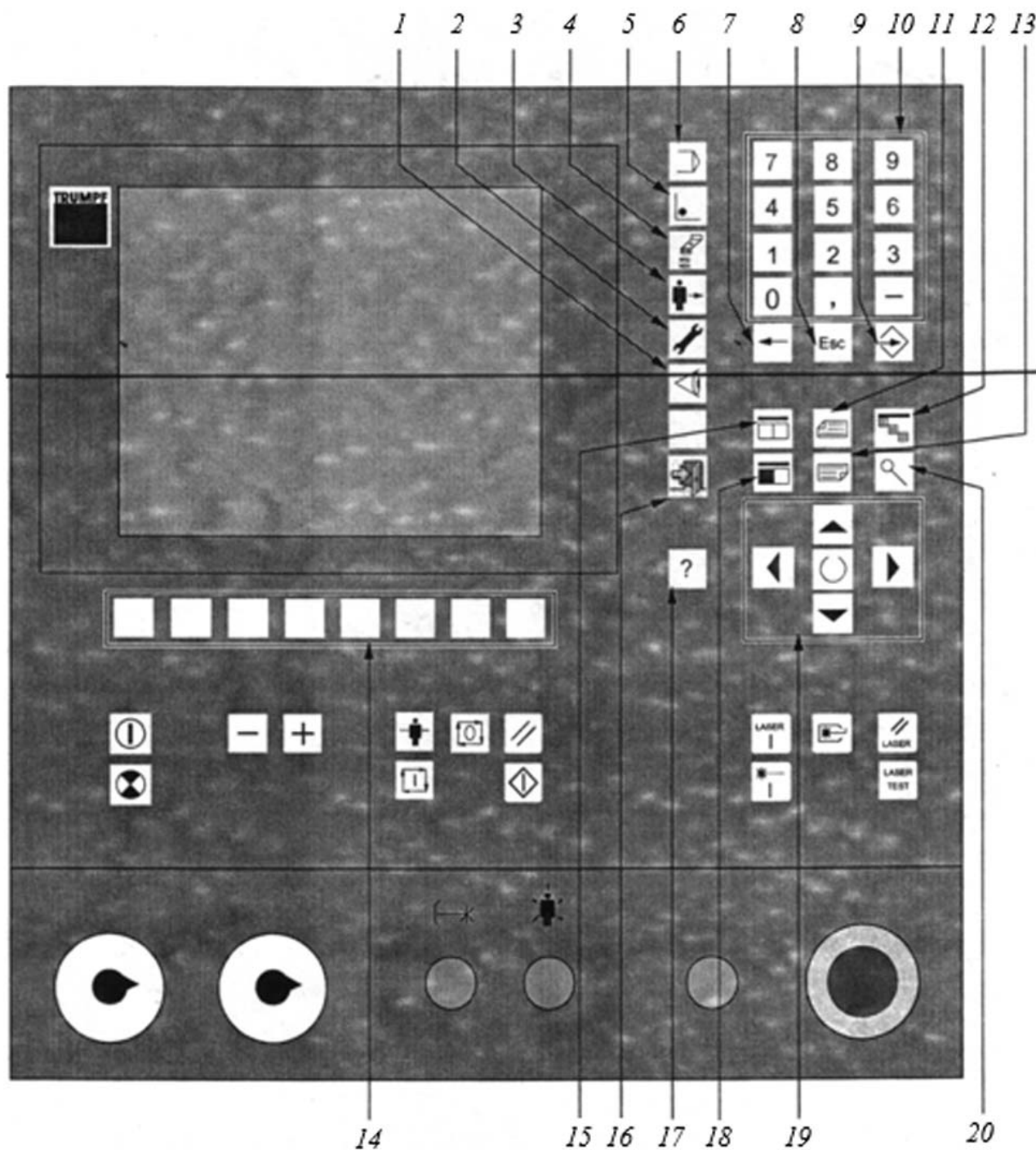
**На первом шаге** импортируются имеющиеся рабочие чертежи системы автоматизированного проектирования (САПР) либо чертежи выполняются непосредственно с помощью программы TruTops Laser.

**На втором шаге** TruTops Laser осуществляет раскладку отдельных деталей для обеспечения оптимального использования листового металла. При этом используются участки между деталями, а также свободные внутренние контуры деталей. TruTops Laser определяет для станка максимально быструю обработку. Система программирования формирует петли либо скругления на острых углах, создает точки врезания, а также траектории подхода к контуру и выхода из него. Система формирует программу таким образом, чтобы выходная мощность лазера всегда соответствовала выполняемой задаче.

**На третьем шаге** программное обеспечение автоматически генерирует законченную программу ЧПУ и передает ее на станок. Далее, используя несколько программ ЧПУ, можно скомпоновать производственный план с детальным распределением обработки.

Функция ControlLine поддерживает постоянный зазор между соплом режущей головки и листовым металлом. Это устройство передает также данные о положении листа в систему управления, в результате исчезает необходимость исправлять положение листа на паллете вручную.

**5.1.3 Панель управления лазерной установки Trumpf TruLaser 3030.**  
 Органы системы управления установкой показаны на рисунке 5.6 и в таблице 5.2.



1 – диагностика; 2 – техобслуживание/ввод в эксплуатацию; 3 – оснастка (без функции); 4 – программирование; 5 – наладка; 6 – производство; 7 – возврат; 8 – выход (escape); 9 – ввод (enter); 10 – блок цифровых клавиш; 11 – страница вверх; 12 – быстрый возврат; 13 – страница вниз; 14 – программируемые клавиши; 15 – меню фокус; 16 – выйти из Windows; 17 – справка; 18 – фокус; 19 – курсор и клавиша «Переключение»; 20 – лупа

Рисунок 5.6 – Органы системы управления лазерной установкой Trumpf TruLaser

Таблица 5.2 – Органы системы управления лазерной установкой

Орган управления	Пояснение
 ПРОИЗВОДСТВО  НАЛАДКА  ПРОГРАММИРОВАНИЕ  ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ  ДИАГНОСТИКА	<p>С помощью функциональных клавиш осуществляется выбор отдельных областей операций.</p> <p>Во включенном состоянии система управления находится в области операции ПРОИЗВОДСТВО.</p> <p>Операции ПРОИЗВОДСТВО и НАЛАДКА ни при каких обстоятельствах не могут быть активизированы одновременно. Всегда выбирается либо ПРОИЗВОДСТВО, либо НАЛАДКА.</p> <p>Дополнительно могут быть выбраны операции ПРОГРАММИРОВАНИЕ или ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ.</p> <p>ДИАГНОСТИКА не относится к областям операций системы управления. Если в операционной среде выбирается ДИАГНОСТИКА, то открывается отдельное дерево меню.</p> <p>Операция ДИАГНОСТИКА может быть выбрана в любое время, независимо от ранее активизированных областей операций.</p> <p>В клавишах активизированных областей операций загораются лампочки</p>
 ВЫЙТИ ИЗ WINDOWS	<p>Нажатием клавиши ВЫЙТИ ИЗ WINDOWS автоматически осуществляется выход из операционной среды системы управления и из операционной системы WINDOWS.</p> <p>Благодаря этому при следующем включении станка предотвращаются задержки и неисправности</p>

**5.1.4 Режимы работы станка.** Станок может работать в трех различных режимах:

- 1) режим работы АВТОМАТИКА;
- 2) режим работы MDA;
- 3) режим работы JOG.

**Режим работы АВТОМАТИКА.** Данный режим работы предусмотрен для автоматического выполнения управляющих программ обработки деталей. В режиме работы АВТОМАТИКА станок может работать только в области операций ПРОИЗВОДСТВО.

Станок переходит в АВТОМАТИЧЕСКИЙ режим только после того, как были достигнуты базовые точки осей. Автоматическая смена паллет может выполняться только в том случае, если предварительно был активизирован световой барьер.

**Режим работы MDA.** В режиме работы MDA (Manual Data Automatic) можно создавать и выполнять управляющие программы обработки деталей предложение за предложением. Для этого возможно целенаправленно вводить с клавиатуры системы управления требуемые движения в форме отдельных предложений управляющей программы. После нажатия программируемой клавиши ПУСК начинается выполнение введенных предложений программы.

В режиме работы MDA станок может работать только в области операций НАЛАДКА.

**Режим работы JOG.** Для настройки станка и для перемещения осей с ЧПУ в шаговом режиме предназначен режим работы JOG.

Станок всегда находится в режиме работы JOG, если не выполнены условия для режимов работы АВТО или MDA. Это означает, что станок может находиться в режиме JOG во всех областях операций. В режиме JOG:

- могут быть перемещены вручную оси с ЧПУ;
- может выполняться точное позиционирование.

**5.1.5 Графическое моделирование ЧПУ.** Любая программа, декомпилируемая для выполнения на станке при помощи функции «Разбить комплектный файл», моделируется графически.

При выборе данной программы на экране графически представляется лист с отдельными деталями и разделительными резами. Таким образом, обеспечивается точное распределение во время обработки.

В меню ПРОГРАММИРОВАНИЕ дается обзор всех главных программ, которые хранятся в разложенном виде на жестком диске системы управления. Графика и данные плана настройки соответствующей подпрограммы указываются в окне предварительного просмотра. Нажатием клавиши ЛУПА/МАСШТАБ графика увеличивается и появляется в отдельном окне предварительного просмотра.

Для большей наглядности отдельные элементы графики выделены другим цветом:

- в серую рамку заключены необработанные листы;
- красной пунктирной линией выделяется кромка листа;
- зеленой линией выделяются обработанные детали;
- синими пунктирными линиями выделяются пути перемещения;
- обрабатываемое в данный момент место отмечается белым крестиком (точка и окрестность для одного блока управляющей программы).

**5.1.6 Циклы мощности лазера.** Система управления мощностью лазера может обращаться к сохраненным в системе управления циклам мощности. При этом мощность лазера управляется в зависимости от определенных интервалов времени. Отдельный цикл мощности лазера выбирается в технологической таблице лазерной обработки с помощью параметра «Номер ступенчатого цикла». В системе управления может быть создано и сохранено до 99 циклов. При этом цикл может быть построен на основании не более шести опорных точек (рисунок 5.7).

Циклы выполняются путем вызова в управляющей программе в автоматическом режиме или после предварительного выбора в ручном режиме.

Все параметры, которые необходимы для создания зависящих от времени циклов мощности лазера, записываются в таблицы. Если параметры должны быть в последующем изменены, это производится путем изменения значений параметров в таблицах.



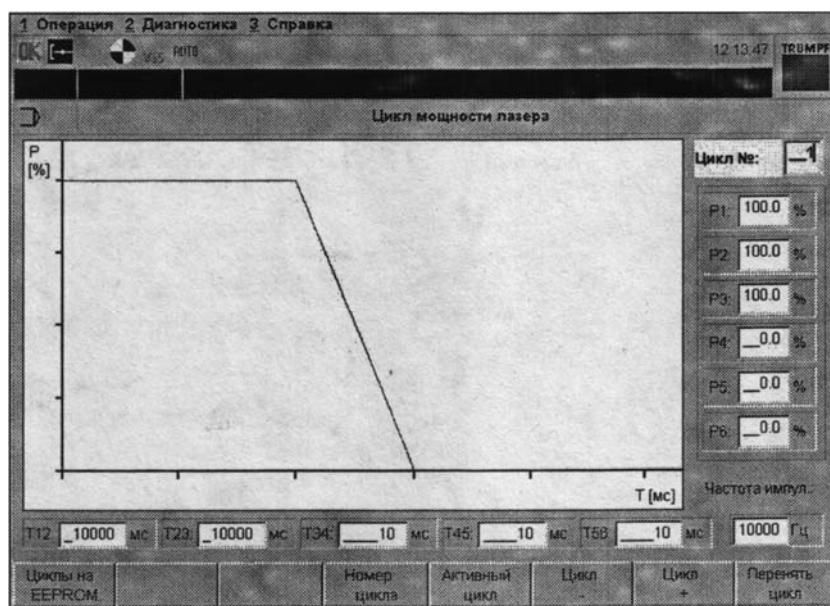


Рисунок 5.7 – Отображение цикла мощности лазера с заданными параметрами

Параметры:

- **Цикл №:** номер, под которым должен быть сохранен цикл;
- **P1–P6:** требуемая мощность лазера в соответствующей опорной точке;
- **Частота импульсов:** требуемая частота следования импульсов;
- **T12, T23, T34, T45, T56:** величины интервалов времени, округленные с точностью до 10 мс.

## 5.2 Порядок проведения работы

- 1 Изучить особенности технологии лазерной резки материалов.
- 2 Изучить конструкцию и особенности эксплуатации установки для лазерных резки материалов Trumpf TruLaser 3030.
- 3 Изучить элементы панели управления лазерной установкой.

## 5.3 Содержание отчета

- 1 Цель лабораторной работы.
- 2 Основные блоки рассматриваемой установки лазерной резки.
- 3 Общий принцип резки металла, реализуемый установкой.
- 4 Выводы по работе.

## Контрольные вопросы

- 1 Преимущества лазерной обработки листовых материалов.
- 2 Лазерная установка Trumpf TruLaser 3030. Состав, опции станка.
- 3 Структурная схема и принцип возбуждения CO<sub>2</sub>-лазера. Процесс резки.
- 4 Органы системы управления станком. Режимы работы станка.
- 5 Графическое моделирование ЧПУ. Задание циклов мощности лазера.

## **6 Лабораторная работа № 6. Изучение устройства и принципа работы установки для автоматической сварки продольного шва хребтовой балки**

**Цель работы:** изучение назначения, характеристик, устройства и принципа работы стенда для автоматической сварки продольного шва хребтовой балки зерновоза и цементовоза.

### **6.1 Общие теоретические сведения**

**6.1.1 Назначение, устройство и технические характеристики стенда для автоматической сварки.** Стенд предназначен для автоматической сварки продольного шва хребтовой балки зерновоза и цементовоза. Технические характеристики стенда представлены в таблице 6.1. Стенд (рисунок 6.1) представляет собой комплекс оборудования, обеспечивающий установку, фиксацию и автоматическую сварку продольного шва хребтовой балки.

Подставки *1* обеспечивают базировку балки хребтовой в продольном, поперечном и вертикальном направлениях и представляют собой сварную металлоконструкцию, состоящую из проката черных металлов. Для фиксации балки хребтовой в продольном и поперечном направлениях подставки оснащены стационарными ловителями. Фиксация балки в вертикальном направлении осуществляется при помощи откидных рычагов. Привод поворота рычагов – пневматический. Крепление подставок обеспечивается при помощи прижимных болтов к закладным направляющим *12*, выполненным из рельса.

Устройство прогиба *2* обеспечивает обратный прогиб хребтовой балки, компенсирующий сварочные деформации, обусловленные сваркой протяженных швов. Устройство представляет собой сварную конструкцию, оснащенную рычажным механизмом прогиба, приводимым в движение двумя пневмоцилиндрами. Устройство оснащено подводимым упором *4*, задающим величину прогиба балки при сварке. Величина прогиба определяется экспериментальным путем. Введение упора в рабочее и исходное положения осуществляется пневмоцилиндром. Регулировка упора по высоте осуществляется за счет сменных платиков ступенчато. Величина прогиба составляет 80, 100, 120 мм. При изменении величины прогиба необходимо изготовить пластик нужной высоты.

Установка сварочная *3* состоит из колонны *5*, фермы *6*, направляющих *7*, *8* и сварочного автомата *9*. Постоянство длины сварочной дуги при сварке прогнутой балки осуществляется за счет подбора прогиба направляющей *7*, аналогичного прогибу балки. Прогиб направляющей осуществляется посредством регулируемых упоров *10*. Перемещение сварочного автомата без проскальзывания обеспечивает натянутая цепь, уложенная в направляющую *7*. Остановка сварочного автомата осуществляется по конечным выключателям. Подвод питания к сварочному автомату осуществляется при помощи гибкого трака *11*.

Таблица 6.1 – Технические характеристики стенда для сварки продольного шва хребтовой балки зерновоза и цементовоза

Параметры	Значение
Габаритные размеры собираемых изделий: длина, ширина, высота, мм масса, кг	11060...13760, 610, 310 1860...2250
Автомат сварочный типа А-1416УХЛ4 Привод перемещения тележки автомата Регулировка скорости подачи электрода Регулировка скорости сварки Скорость сварки, м/ч Маршевая скорость, м/ч Вертикальное перемещение сварочной головки: ход, мм скорость, м/мин Поперечное перемещение сварочной головки: ход, мм Регулировка угла наклона электрода к вертикали (ручная), град, не менее Тип шва Количество одновременно свариваемых швов Способ слежения за стыком Диаметр электродной проволоки, мм Подача электродной проволоки Номинальный сварочный ток при ПВ = 100 % Способ защиты дуги Напряжение питающей сети трехфазного переменного тока, В, при частоте 50 Гц Флюсоаппаратура: ёмкость, дм <sup>3</sup> расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч, не более давление воздуха в питающей магистрали, Па высота всасывания флюса, м, не менее	Подвесной самоходный Электромеханический Ступенчатая Ступенчатая 12 ... 120 950 Электромеханическое 250 0,49 Механическое ±75 ±25 Стыковой 1 Указатель световой 2...5 Механическая 1000 Флюс 380 25 30 490·10 <sup>3</sup> (5 кгс/см <sup>2</sup> ) 2
Стенд сварочный Механизм продольной ориентации хребтовой балки Механизм поперечной ориентации хребтовой балки Механизм прогиба хребтовой балки Усилие прогиба, кгс Величина прогиба, мм Механизм вертикального захвата хребтовой балки	Жесткие ловители Жесткие ловители Пневматический 32000 135 Пневматический
Рабочее давление воздуха, МПа	5...6
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	6
Габаритные размеры, мм: длина, ширина, высота	16690, 2274, 3400
Масса, кг	7658

Для обеспечения сварки хребтовых балок зерновоза или цементовоза подставки 1 выполнены перемещающимися вдоль стенда. Их перемещение осуществляется при помощи крана и крепятся они к закладным элементам при помощи зажимных болтов 13.

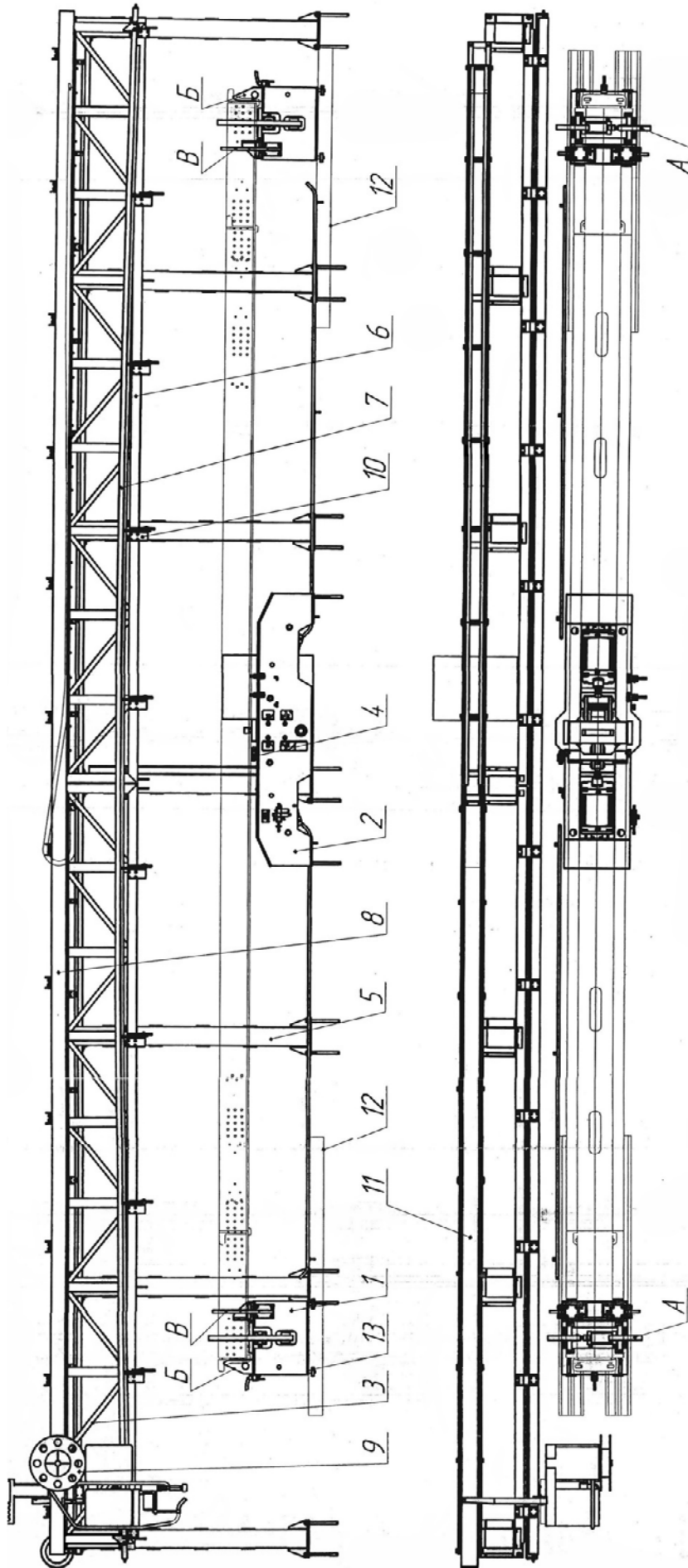


Рисунок 6.1 – Установка автоматической сварки продольного шва хребтовой балки зерновоза и цементовоза

Хребтовая балка укладывается на подставки, фиксируется и осуществляется прогиб. Сварочный автомат подводится к началу шва, электрод устанавливается на шов, нажимается кнопка СВАРКА, и сварка шва выполняется в автоматическом режиме. Отключение сварки осуществляется по конечному выключателю.

## **6.2 Подготовка к работе**

Перед пуском станда необходимо:

- проверить правильность и объем монтажа;
- проверить наличие смазки в редукторе и в подшипниках;
- убедиться в отсутствии посторонних предметов в рабочей зоне станда;
- произвести испытание станда в холостом режиме. Работа всех механизмов станда должна быть плавной, без рывков и заеданий;
- перед запуском станда необходимо произвести регулировку конечных выключателей, для чего в ручном режиме установить сварочный автомат в требуемое положение, отпустить планку крепления конечного выключателя и перемещать его до встречи с упором на тележке. После срабатывания конечного выключателя закрепить его;
- перед запуском станда произвести согласование прогиба нижней направляющей под сварочный автомат с прогибом балки. Согласование произвести путем перемещения сварочного автомата вдоль балки и замера вылета электрода. Разность замеров вылета электрода не должна превышать  $\pm 2$  мм. Изменение прогиба направляющей производить путем вращения регулировочных винтов опор 10 (см. рисунок 6.1).

## **6.3 Порядок проведения работы**

**Исходное положение механизмов** (см. чертеж, рисунок 6.1):

- рычаги А – разведены;
- упор поз. 4 находится в горизонтальном положении;
- механизм прогиба находится в крайнем нижнем положении;
- автомат сварочный находится в крайнем левом положении;
- станд подключен к электропневмосети цеха и готов к работе.

**Порядок работы** (см. чертеж, рисунок 6.1).

Возьмите хребтовую балку и уложите краном на подставки поз. 1 полками вниз, сориентировав в продольном направлении зетами по упорам Б, а в поперечном – по упорам В.

Поверните ручку пневмораспределителя на подставках поз. 1 – рычаги А установятся в рабочее положение.

Поверните ручку пневмораспределителя на устройстве для прогиба и осуществите прогиб хребтовой балки. Балка должна прогнуться на 135 мм.

Поверните ручку пневмораспределителя на устройстве прогиба и установите упор поз. 4 в рабочее положение.

Поворотом рукоятки пневмораспределителя верните механизм прогиба в исходное положение. Балка ляжет на упор 4.

Установите сварочный автомат в положение НАЧАЛО СВАРКИ. При достижении положения НАЧАЛО СВАРКИ сработает конечный выключатель и автомат остановится.

Установите сварочную горелку в рабочее положение.

Убедитесь в правильности ориентировки горелки по сварочному шву. При необходимости произведите нужные корректировки.

Нажмите кнопку СВАРКА ПУСК. При этом произойдет перемещение автомата на сварочной скорости с одновременным включением сварочной дуги, т. е. начнется процесс сварки.

В процессе сварки перемещайтесь за сварочным автоматом и следите за ходом процесса сварки. При необходимости вносите коррективы в положение сварочной горелки.

При достижении автоматом крайнего правого положения срабатывает конечный выключатель, произойдет его остановка и автоматическое отключение сварочной дуги. Процесс сварки завершился.

Установите сварочную горелку в транспортное положение.

Верните автомат в исходное положение. Дойдя до конечного выключателя, контролирующего исходное положение, произойдет его остановка.

Поверните рукоятку пневмораспределителя на устройстве прогиба, произойдет прогиб балки. Верните упор поз. 4 в исходное положение.

Верните механизм прогиба в исходное положение.

Освободите хребтовую балку от рычагов А и передайте ее на складское место.

### ***5.3 Содержание отчета***

1 Цель лабораторной работы.

2 Основные узлы рассматриваемой установки для автоматической сварки хребтовой балки.

3 Подготовка к работе и последовательность действий при сварке.

4 Выводы по работе.

### ***Контрольные вопросы***

1 Назначение и технические характеристики станда для автоматической сварки хребтовой балки.

2 Основные узлы и устройство станда для автоматической сварки продольного шва хребтовой балки.

3 Подготовка к работе и последовательность действий при автоматической сварке хребтовой балки.

4 Техника безопасности при эксплуатации установки автоматической сварки.

## **7 Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ**

### ***7.1 Техника безопасности при работе с машиной плазменной резки***

Машина для плазменной резки оснащена защитными устройствами. Несмотря на это, при работе с машиной может возникнуть опасность: для здоровья и жизни обслуживающего персонала или третьих лиц, для машины и других материальных ценностей, для эффективной работы машины.

При газовой резке необходимо считаться со следующими эмиссиями: искрами, брызгами жидкого шлака, дымом, пылью, ядовитыми газами (например, азотными окисями, озоном), шумом, тепловым излучением, световым излучением, ультрафиолетовым излучением. Поэтому необходимо обеспечить надлежащую вентиляцию рабочего места и соответствующие защитные средства для обслуживающего персонала.

Сопла режущей горелки во время работы горячие. Если необходимо проводить работы с соплами, следует подождать, пока они остынут, или воспользоваться перчатками.

Никогда не смотрите на пламя горелки без защитных очков сварщика, в противном случае возникают долговременные повреждения глаз!

Во время работы машины для газовой резки SUPRAREX SXE-P обслуживающий персонал должен пользоваться персональными защитными средствами, к которым относятся защитная каска, наушники, очки сварщика, перчатки, обувь, одежда.

Рабочее место расположено на боковой стороне машины, перед пультом управления. Не находитесь на машине во время ее движения. Возможно получение ранений от движущихся частей. Фотоэлементы или выключатели с тросом на передней и задней сторонах машины служат для предотвращения наезда портала на людей или на предметы при прямом и возвратном движении.

При возникновении аварийной ситуации следует нажать красный аварийный выключатель. Машина, кроме системы управления CNC, обесточивается. Закройте главный вентиль подачи газа. О неисправностях необходимо сообщить в соответствующую службу или руководству. Аварийный выключатель немедленно останавливает все движущиеся части машины.

Выключатель безопасности на передней и задней части боковых стенок портала служит для предотвращения зажатия людей или предметов на рельсах.

### ***7.2 Техника безопасности при работе со стендом автоматической сварки***

Стенд автоматической сварки соответствует требованиям безопасности ГОСТ Р МЭК 60204–1–99 *Электрооборудование машин и механизмов. Общие требования.*

Рабочие, обслуживающие стенд, должны быть ознакомлены с устройством и особенностями стенда и проинструктированы по следующим вопросам: порядок работы на стенде; уход за стендом; правила безопасности.

Выполнение всех технологических операций при монтаже и эксплуатации стенда должно производиться в строгом соответствии с требованиями «Общих правил техники безопасности и производственной санитарии для предприятий машиностроения», а также стандартов безопасности труда.

Электрическое сопротивление между болтами защитного заземления и металлическими частями стенда должно быть не более 0,1 Ом.

Сопротивление изоляции проводов должно быть не менее 1 МОм.

На пульте должен быть нанесен знак высокого напряжения, у болтов заземления – графические знаки заземления.

Кнопки управления на пультах управления должны иметь надписи ПУСК и СТОП. Кнопка СТОП – красного цвета. Кнопка АВАРИЙНЫЙ СТОП – красного цвета увеличенного размера.

Стенд оборудован защитными блокировками, обеспечивающими его безопасную работу. В шкафу управления установлены аппараты для защиты электродвигателей от перегрузок.

Наличие в стенде подвижных частей и электрооборудования требует строгого соблюдения правил техники безопасности при его эксплуатации, при этом необходимо:

- проверять исправность изоляции токопроводящих кабелей и надежность присоединения;
- проверять целостность и надежность заземляющих проводов;
- производить регулировку стенда и замену быстро изнашивающихся деталей только после отключения его от питающей сети.

В целях безопасности запрещается эксплуатировать стенд:

- при нечеткой работе кнопок на пульте управления;
- при появлении запаха, характерного для горячей изоляции, и дыма;
- при появлении повышенного шума, стука, вибрации;
- при загромождении стенда посторонними предметами.

## Список литературы

1 **Предко, М.** Устройства управления роботами / М. Предко. – Москва: ДМК Пресс, 2010. – 404 с.

2 **Козырев, Ю. Г.** Применение промышленных роботов / Ю. Г. Козырев. – Москва: Кнорус, 2016. – 494 с.

3 **Климов, А. С.** Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке / А. С. Климов, Н. Е. Машнин. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2011. – 240 с.

4 **Выжигин, А. Ю.** Гибкие производственные системы / А. Ю. Выжигин. – Москва: Машиностроение, 2009. – 288 с.