**Энгельсский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю. А.»**

ПОДГОТОВКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНОГО СТАНКА С ЧПУ

Электронное издание локального распространения

Методические указания по выполнению практической работы
по курсу «Автоматизация производственных процессов
в машиностроении» для студентов направления

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Энгельс 2026

Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.

Составители: Насад Татьяна Геннадиевна, Козлов Геннадий Александрович

Под редакцией Насад Т.Г.

Рецензент И.А. Маслякова

410054, Саратов, ул. Политехническая, 77
Научно-техническая библиотека СГТУ
тел. 52-63-81, 52-56-01
http://lib.sstu.ru

Регистрационный номер

© Саратовский государственный технический университет, 2023

Цель работы: изучить особенности ручного программирования вертикально-сверлильного станка с ЧПУ модели 2Р135Ф2 и составить управляющую программу обработки заданной детали.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Вертикально-сверлильный станок модели 2Р135Ф2 относится к станкам с ЧПУ второго поколения. Он имеет широкие технологические возможности (табл. 1) . На нем можно выполнять: сверление, зенкерование, развертывание, нарезание резьб, легкое фрезерование и. т. д. Наличие крестового стола, возможность последовательно работать несколькими инструментами, автоматизация и позиционирование вдоль оси Z, позволяют осуществлять высокопроизводительную координатную обработку деталей типа крышек, фланцев, панелей, планок и других деталей без предварительной разметки и применения кондукторов. Этот станок имеет большой диапазон частот и подач вращения шпинделя, что обеспечивает возможность выбора оптимальных режимов резания при обработке деталей из различных материалов.

Чаще всего на сверлильных станках производят обработку отверстий. Обработка отверстий может быть параллельной (каждый инструмент обрабатывает все отверстия, затем производят смену инструмента) и последовательной (каждое отверстие обрабатывается всеми инструментами, затем переходят к обработке следующего отверстия). Если время смены инструмента меньше времени позиционирования, предпочтение отдают последовательному варианту, если больше-параллельному. Эти рекомендации учитывают только производительность обработки. Если же принимать во внимание точность позиционирования и поворота револьверной головки, то оценить точность обработки и погрешность настройки станка на размер можно на основе расчета. На практике первые переходы чаще выполняют по методу параллельной обработки, а заключительные – последовательной.

Анализ типоразмеров отверстий в плоских деталях показывает, что 90% из них могут быть обработаны на сверлильных станках с ЧПУ на одной операции при использовании от двух до шести инструментов (без снятия фаски в отверстии с противоположной стороны).

Таблица 1

Характеристика	Показатель
Наибольший диаметр сверления детали из стали 45, мм.	35
Наибольший диаметр нарезания резьбы в детали из стали 45, мм	М24х3
Конус Морзе в отверстии шпинделя	4
Вылет шпинделя, мм	450
Наибольший крутящий момент, Н·м	200
Наибольшая сила подачи, Н	15000
Число шпинделей револьверной головки, шт.	6
Число ступеней частот вращения шпинделя	12
Частота вращения шпинделя, об/мин	31,5 - 1400
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до поверхности стола, мм	600
Наибольший ход шпинделя каретки, мм	560
Скорость вспомогательного хода каретки, мм/мин	4000
Число подач каретки	18
Подача каретки, мм/мин	10 – 500
Время поворота револьверной головки из одной позиции в другую, с:	
1-2	3,2
1-4	5,6
1-6	7,6
Размеры рабочей поверхности стола, мм:	
ширина	400
длина	630
Число пазов стола	3
Расстояние между пазами, мм	100
Ширина паза, мм	14
Максимальная скорость стола, мм/мин	3800
Наибольший ход стола, мм	
Поперечный	360
Продольный	560
Точность позиционирования стола, мм	0,05
Повторяемость позиционирования стола, мм	0,03
Дискретность отсчета, мм	0,01
Число управляемых координат	3
Мощность двигателя главного движения, кВт	4
Наибольшая масса обрабатываемой детали, кг	200
Габаритные размеры станка, мм	
длина	2450
ширина	1820
высота	2700
Масса станка без устройства управления, кг	4900

В табл. 2 приведены типовые технологические переходы применительно к станку модели 2Р135Ф2 . Номер комплекта выбирают в зависимости от типа отверстия, размеров и точности обработки. Например, если отверстие, требуется обработать по 7 – 8 квалитетам, применяют комплекты 10 – 13, по 9 – 10 квалитетам – комплект 7, по 12 – 14 квалитетам – комплект 1 и. т. д. Подробные сведения о проектировании технологических операций на сверлильных станках с ЧПУ, а также необходимые справочные данные для

выбора режимов резания, типа режущего инструмента и другое приведены в литературе [1 , 3-5].

Таблица 2

Номер комплекта	Типовые переходы								Количество инструмента
	центрирование	сверление	зенкерование	цекование	обработка фаски	развертывание		нарезание резьбы метчиками	
						предва-рительное	оконча-тельное		
1	+	+							2
2		+			+				2
3		+		+	+				3
4	+	+			+				3
5	+	+						+	3
6		+			+			+	3
7	+	+					+		3
8	+	+		+	+				4
9	+	+			+				4
10	+	+				+	+	+	4
11	+	+	+				+		5
12		+	+		+		+	+	5
13	+	+	+		+	+	+	+	6

Применение станков с ЧПУ требует подготовки управляющих программ, которая представляет собой переработку исходной информации и нанесение на программоноситель информации, необходимой для обработки детали. Управляющая программа независимо от формы ее выражения всегда несет в себе технологическую и геометрическую информацию. Технологическая информация содержит последовательность и характер переходов; виды режущих и вспомогательных инструментов и крепежной оснастки; режимы резания; перечень необходимых для проверки результатов обработки контрольно - измерительных приборов. Технологическую часть программы оформляют в виде операционной карты механической обработки и карты наладки. Геометрическую информацию представляют в виде расчетно-технологической карты. Она также содержится в тексте программы в закодированном виде и описывает траектории и величины перемещений рабочих органов и режущих инструментов.

УСТАНОВКА РАБОЧИХ ОРГАНОВ В ИСХОДНОЕ ДЛЯ РАБОТЫ ПОЛОЖЕНИЕ

Важным этапом в подготовительных работах перед началом обработки является установка рабочих органов в исходное для работы положение, так называемый ноль программы.

Станок и схему обработки можно характеризовать тремя координатными системами, тремя базовыми точками и двумя исходными положениями рабочих органов (рис. 1, 2). Первая координатная система – система координат станка X, Y, Z, имеющая начало отсчета в первой базовой точке 0. Вторая координатная система – система координат программы X_1, Y_1, Z_1, в которой производится программирование и выполняется обработка детали. Эта координатная система имеет начало отсчета во второй базовой точке O_1, размещенной непосредственно на заготовке 1 или же согласованной с ней.

Оси координат X_1, Y_1, Z_1 программы параллельны осям координат X, Y, Z станка и также направлены. Положение точки O_1 (начало координат программы) выбирает программист, исходя из удобства отсчета размеров.

Третья базовая точка – программируемая точка O_2 связана с рабочими органами, несущими инструмент 2. Она является началом отсчета третьей координатной системы X_2, Y_2, Z_2 , по которой отсчитываются координатные расстояния вершины режущих инструментов. Отсчеты ведут в координатных плоскостях, направленность осей противоположна осям станка и программы.

Первое исходное положение рабочих органов называют нулем станка. Обычно это положение, при котором рабочие органы, несущие заготовку и инструмент, располагаются в наибольшем удалении друг от друга, таким образом точка O_2 находится в наибольшем удалении от точки O.

В ноль станка рабочие органы можно переместить командами от кнопок на пульте устройства с ЧПУ или соответствующими командами управляющей программы. Точный останов рабочих органов в нулевом положении по каждой из координат обеспечивается датчиками нулевого положения, которые имеются на станке.

Второе исходное положение рабочих органов – ноль программы. Нулем программы называют положение, занимаемое рабочими органами станка, подготовленного к проведению обработки. Ноль программы выбирает также программист. Чаще всего это положение не совпадает с нулем станка (точка O_2 оказывается в промежуточном положении). Во избежание излишних холостых перемещений второе исходное положение, от которого начинается обработка и, следовательно, в которой происходит смена заготовок и инструментов, программист задает таким образом, чтобы инструменты были возможно ближе к обрабатываемой детали.

Стремлению сблизить инструменты и заготовку в нуле программы противопоставлена опасность, что инструменты при смене могут столкнуться с заготовкой или возникнет неудобство съема обработанной детали и установки новой заготовки. Эти два соображения заставляют программиста сдвигать ноль программы ближе к нулю станка. Правильный выбор нуля программы, в частности по оси Z, может быть осуществлен на основании расчета.

Для удобства настройки станков современные устройства ЧПУ снабжены так называемым плавающим нулем и коррекцией (смещением) положения рабочих органов.

Смысл плавающего нуля состоит в том, что начало отсчета системы координат программы можно смещать в пространстве во всем диапазоне перемещений рабочих органов. Если при любом произвольном положении рабочих органов на пульте управления устройством ЧПУ нажать соответствующую кнопку сброса геометрической информации о положении рабочих органов, то на табло цифровой индикации загорятся нули. Таким образом, начало отсчета координат рабочих органов автоматически смещается в новую строчку пространства, которая соответствует данному расположению рабочих органов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ИНСТРУМЕНТА ВДОЛЬ ОСИ Z

Исходное положение шпинделя револьверной головки на рис. 3 устанавливают с учетом максимального вылета инструмента ($L_I = L_{макс}$) и минимального расстояния от обрабатываемой детали, равного номинальной (из условий удобства и безопасности работы) величине быстрого перемещения режущего инструмента ($R_I = R_{ном}$). Координата $R_{ном.}$ принимается для того инструмента, который имеет максимальный вылет. По инструкции к станку 2Р135Ф2 эта величина должна быть не менее 200 мм. Координаты R для остальных инструментов задаются с учетом разницы длин инструментов из условия, что суммарная величина $L_I + R_I$ должна сохраняться неизменной.

Наименьшее расстояние от торца шпинделя до стола равно

$$H_{мин} = L_{макс} + R_{ном} + h + l_1 \qquad (1)$$

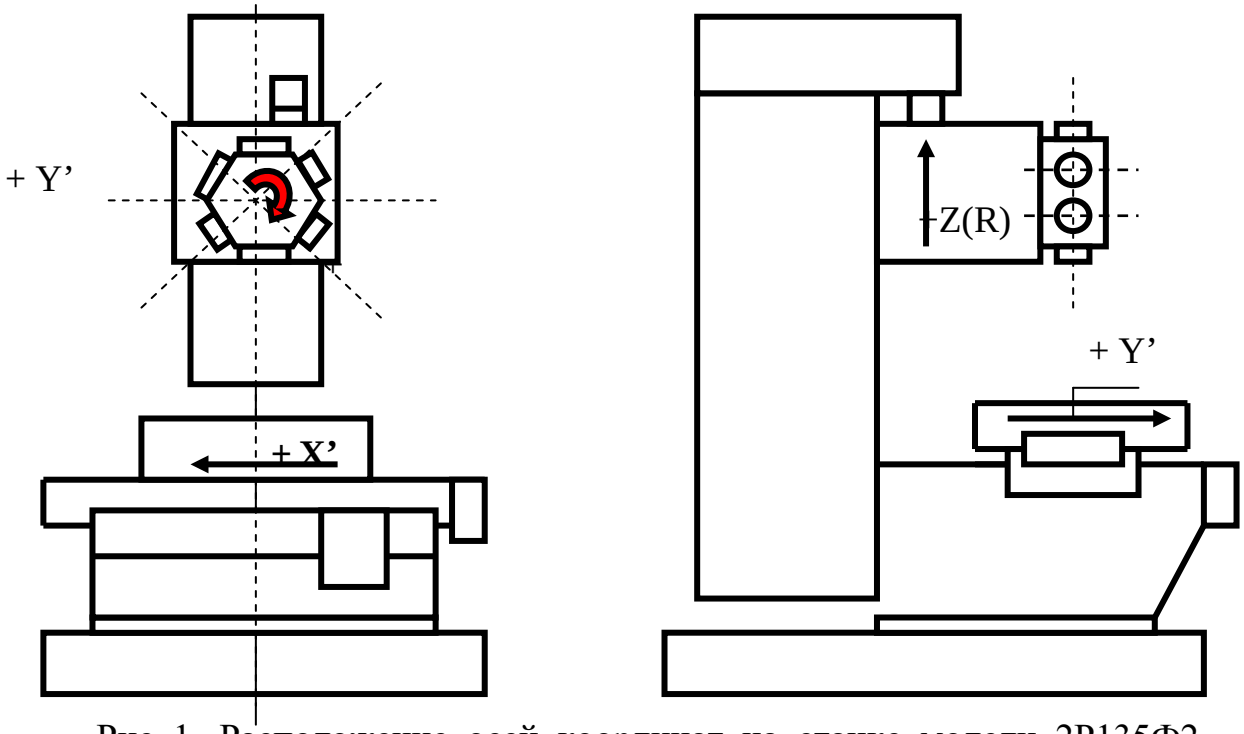

Рис. 1. Расположение осей координат на станке модели 2Р135Ф2

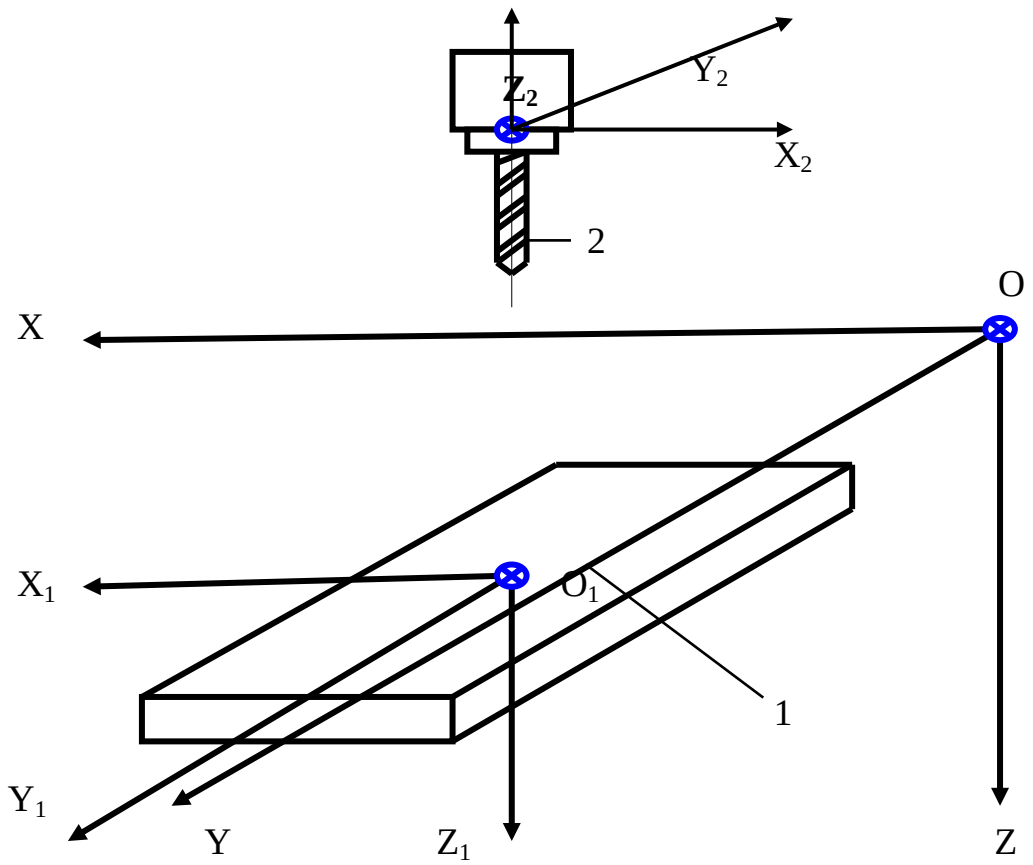

Рис. 2. Система координат станка и программы

где h – расстояние от стола до верхней плоскости детали, включая высоту приспособления; l_1 – величина подвода режущего инструмента к детали на рабочей скорости.

Положение плоскости отсчета по оси Z определяется координатой:

$$Z_o = H_{макс.} - H_{мин.}, \quad (2)$$

где $H_{макс.}$ – наибольший ход каретки (для станка 2Р135Ф2 - это расстояние равно 560 мм.).

Координата конца быстрого перемещения инструмента (начала рабочего хода) равна:

$$Z_н = L_i + R_i = L_{макс.} + R_{ном.} = const. \quad (3)$$

где L_i – наладочный размер режущего инструмента

$$L_i = l_о + (l_и - l_з); \quad (4)$$

$l_и$ – длина режущего инструмента;

$l_з$ – длина закрепленной в патроне или оправке части;

$l_о$ – длина (высота) патрона или оправки.

БАЗИРОВАНИЕ И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗАГОТОВОК

Для наладки станка с ЧПУ необходимо иметь также сведения о способе базирования и закрепления обрабатываемой заготовки. Для этого в

реальной карте наладки должны быть указаны: тип зажимного приспособления и характер его расположения на столе станка, шифры сменных элементов и их исполнительные размеры в случае доработок на месте и. т. п.

Деталь на станке может быть установлена следующим образом:

1) непосредственно на столе станка;
2) в приспособлении, установленном на столе станка.

Обеспечение O_1 (нуля программы) сводится к определенному расположению базирующих поверхностей установочных втулок 3-5, которые препятствуют перемещению детали по осям X_1 и Y_1, на предусмотренных управляющей программой расстояниях X_0 и Y_0 от точки 0 (нуля станка). Для этого в шпинделе станка закрепляют мерную оправку диаметром d и в режиме ручного управления приводами подач совмещают ось шпинделя поочередно с осями установочных втулок 3-5. В этом положении деталь закрепляется на столе, а затем путем набора при помощи переключателей на пульте управления устройством ЧПУ расстояний $X_0 - d/2$ и $Y_0 - d/2$ осуществляют перемещение стола на эти величины. Точка, в которую стол сместится в результате этой операции, будет находиться на расстояниях X_0 и Y_0 от нуля программы O_1. Потом при помощи соответствующих команд производится смещение нуля станка 0 в ноль программы O_1, т. е. на расстояния X_0 и Y_0.

При выборе второй установочной схемы (рис. 4,б) необходимо при конструировании приспособления предусмотреть установочное отверстие 6, относительно которого будет закодирована исходная точка обработки O_1. Определение нуля программы производится так же, как в первом случае. Однако при этом в шпинделе необходимо закрепить индикаторное устройство, с помощью которого ось шпинделя совмещается с осью установочного отверстия 6.

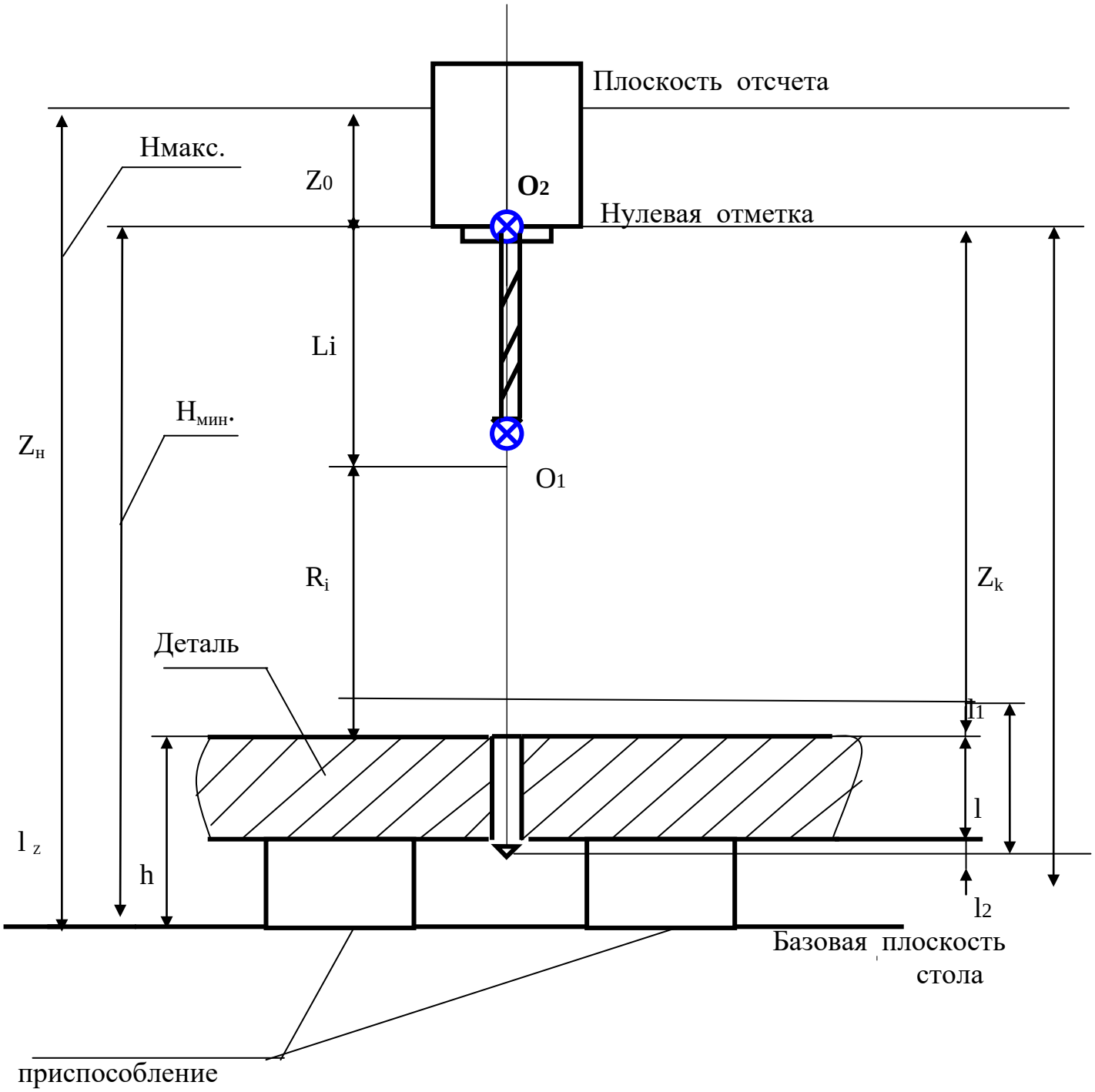

Рис. 3. Схема определения положения инструмента на сверлильном станке с ЧПУ

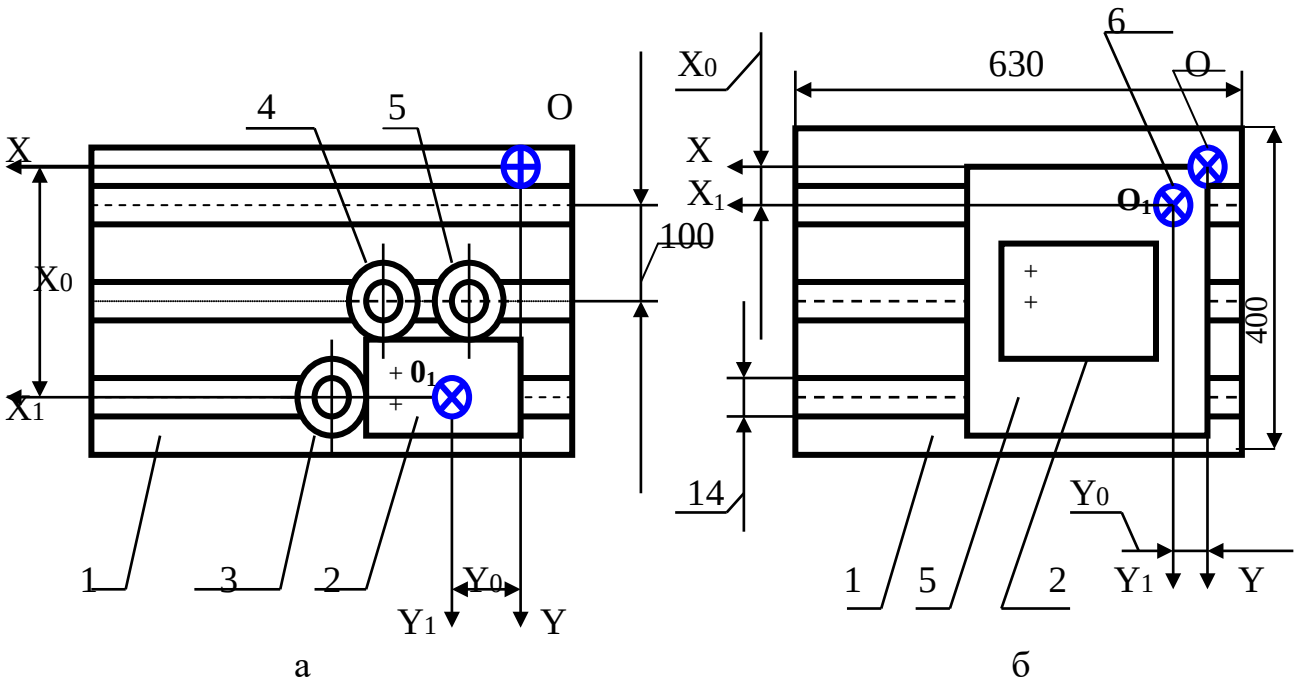

Рис.4 Размеры стола и способы установки детали на станке мод. 2Р135Ф2: а - установка детали на столе; б - установка детали на плите

МЕТОДИКА РУЧНОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОГРАММ ДЛЯ СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

Ручное программирование характеризуется тем, что технолог – программист вручную или при помощи простейших вычислительных средств, специальных таблиц проектирует технологический процесс обработки детали и производит все расчеты, необходимые для составления управляющей программы.

В общем случае процесс программирования состоит из следующих этапов: технологической подготовки, геометрического расчета, кодирования информации, нанесения ее на программоноситель, контроль программоносителя, отладка программы на станке.

ПОДГОТОВКА ОПЕРАЦИОННОГО ЭСКИЗА

В чертежи деталей, которые предлагается обрабатывать на станках с ЧПУ, необходимо вносить некоторую специфическую информацию, которая облегчит процесс программирования и при этом уменьшит вероятность появления ошибок. На этом же этапе определяется способ задания размеров, требуемая точность обработки, выделяются те конструктивные элементы детали, которые будут обрабатываться в данной операции.

Для пересчета размеров на чертеже детали, заданных в относительной системе координат, на размеры в абсолютной системе

координат станка, выбирают начало координат программы и оси координат. Направление координатных осей для обработки конкретной детали определяется с учетом ее расположения на столе станка. Каждое отверстие на переработанном чертеже детали нумеруют порядковым номером. Одинаковые отверстия, которые обрабатываются одним видом инструмента, нумеруют последовательными номерами. Для отверстий, обрабатываемых несколькими инструментами, нумерация для отдельных переходов будет общей.

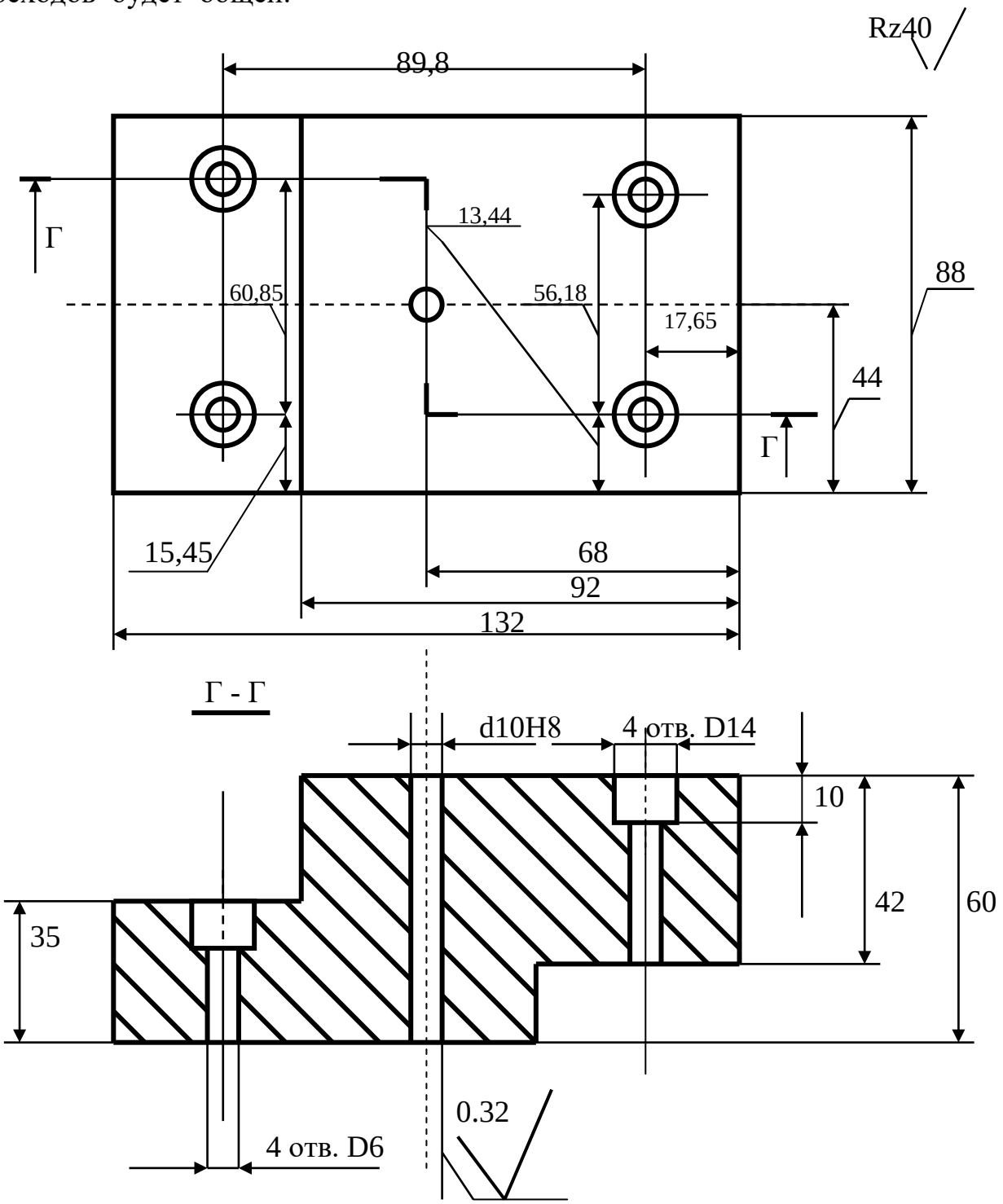

Рис. 5. Чертеж детали

Материал – сталь, НВ 260. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий по Н14, остальных + - IT14/2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАРШРУТА ОБРАБОТКИ

Рассмотрим в качестве примера проектирование обработки крышки, чертеж которой показан на рис. 5.

На переработанном эскизе детали (рис. 6) принята система координат программы в центре отверстия диаметром 10 мм, от которого как от нового начала координат, пересчитаны чертежные размеры, пронумерована последовательность обработки отверстий в порядке выполнения переходов.

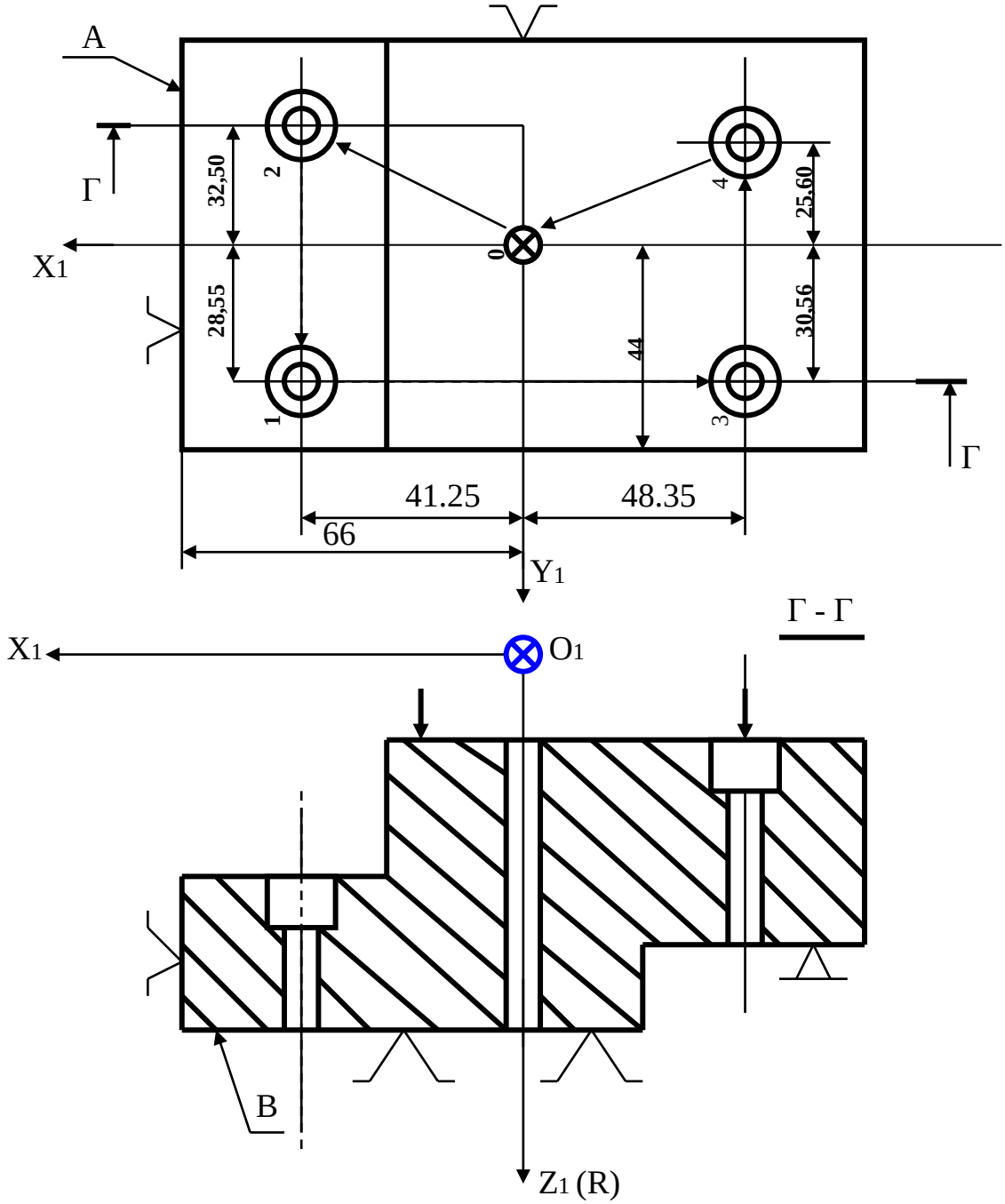

Рис. 6 Переработанный чертеж детали. Геометрический план обработки отверстий. А, Б, В – базовые поверхности.

Координаты нуля программы X_0 = 44 мм, Y_0 = 66 мм, Z_0 = 282 мм выбраны из условий удобного закрепления и снятия детали, а также безопасной работы на станке. Кроме этого, выбраны установочные базы и способ закрепления заготовки на столе станка. Она устанавливается на подкладной плите высотой 15 мм и прижимается прихватами.

Для обработки пяти отверстий крышки принят следующий маршрут обработки:

- центрирование всех отверстий;
- последовательная обработка отверстия 0;
- параллельная обработка отверстий 1-4.

Для обработки пяти отверстий крышки необходимо шесть режущих инструментов, которые устанавливаются в револьверной головке в том порядке, в котором задается выполнение переходов.

Выбор вспомогательной оснастки для крепления режущего инструмента сделан по справочнику [1,3]. Все необходимые данные для выполнения каждого перехода занесены в операционную карту механической обработки по ГОСТ 3. 1404 – 74 (приложение 1). Сведения о режущем инструменте, инструментальной оснастке, перемещениях по оси Z, величинах коррекции, а также выбранные коды скорости и подач приведены в карте наладки (приложение 2). Геометрическая информация зафиксирована в операционной расчетно – технологической карте по ГОСТ 3.1418 – 74, где содержатся сведения в закодированном виде о величине и характере перемещений рабочих органов и инструментов с соответствующими командами (приложение 3).

Определение расстояния от плоскости стола
до шпинделя и расчет координат инструментов

Наладочный размер инструмента определяется по формуле (4).
Тогда наладочный размер, например, инструмента №1 (сверло диаметром 6,3 мм) при l_0 = 80 мм будет равен L_1 = 150 мм.

Положение плоскости отсчета по оси Z находим по формуле (2). Оно определяется координатой (рис. 3)

$Z_0 = H_{макс} – H_{мин}$,

где $H_{макс}$ = 560 мм – паспорт станка;

$H_{мин} = L_{макс.} + R + l_1 + h$ – по формуле (1);

$H_{мин.}$ = 150 + 200 + 2 + 65 + 15 = 432 мм, следовательно,

Z_0 = 560 – 432 = 128 мм, т. е. ноль станка необходимо сместить по оси Z на расстояние, равное 128 мм.

Настройку исходного положения шпинделя (нуля программы по оси Z) произведем по расстоянию:

$H_{мин.} – L_1$ = 432 – 150 = 282 мм.

Координату конца ускоренного хода для инструмента №1 определим по формуле: $Ri = H_{мин.} – (L_1 + l_1 + h)$

- для отверстий 0, 3, 4:

R'_1 = 432 – (130 + 2 + 35 + 15) = 220 мм;

- для отверстий 1, 2:

$R''_1 = 432 – (130 + 2 + 35 + 15) = 250$ мм.

Координату конца рабочего хода (общее перемещение по оси Z) для инструмента №1 определим по формуле: $Z_1 = R_1 + L_z$;

где L_z – перемещение инструмента по оси Z на рабочей скорости;

$L_z = l + l_1 + l_2$ – слагаемые этой формулы находим по (4);

$L_z = 3,1 + 2 + 0 = 5,1$ мм;

- для отверстий 0, 3, 4

$Z'_1 = 220 + 5,1 = 225,1$ мм;

- для отверстий 1, 2

$Z''_1 = 250 + 5,1 = 255,1$ мм.

Аналогичным образом подсчитаны перемещения и координаты других инструментов, и данные расчета занесены в карту наладки (приложение 2).

При расчете следует иметь в виду, что значения

$Z_н = L_{макс.} + R_{ном.}$ и $H_{мин.} – L_{макс.}$ в данной наладке постоянны и равны, соответственно:

$Z_н = 150 + 200 = 350$ мм; $H_{мин.} – L_{макс.} = 432 – 150 = 282$ мм.

КОДИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ

На станке модели 2Р125Ф2 принята система координат, где координаты X и Y, соответственно, означают перемещения в продольном и поперечном направлениях заготовки в горизонтальной плоскости стола. При перемещении суппорта в вертикальном направлении используют две координаты: Z и R.

Координата R – используется для программирования быстрого перемещения суппорта, а координата Z – на рабочей подаче. По этой координате имеется возможность ввода коррекции длины или радиуса режущего инструмента. Размеры по всем координатам задаются в абсолютных значениях.

Кодирование управляющей информации в устройстве ЧПУ типа “Координата С – 70/3”, которым оснащен станок 2Р135Ф2, производится в соответствии с рекомендациями кода ИСО – 7 бит (по ГОСТ 13052 – 74). Программоносителем является восьмидорожечная перфолента шириной 25,4 мм. Программа обработки состоит из определенного количества кадров, кадр – из слов, а слово – из адресной и числовой частей.

Закрепление символов за командами и порядок записи информации в кадре для устройства ЧПУ типа “КООРДИНАТА С – 70/3” приведен в таблице 3.

Таблица 3

Содержание	Слово		Условие использования
	АДРЕС	РАЗРЯДОВ	
Номер кадра	№	3	Обязательно в начале кадра
Подготовительная функция	G	2	Изменение условий перемещений
Вспомогательная команда	M	2	После исполнения команды
Скорость подачи	F	2	Изменение подачи
Скорость главного движения	S	2	Изменение частоты вращения
Номер инструмента	T	2	Смена инструмента
Номер корректора	L	2	Ввод или отмена коррекции
Координаты конечной точки	X Y Z R	6 5 5 6	Обязательно с указанием направления перемещения “ + “ или “ – “
Конец кадра	ПС	-	Обязательно в конце кадра

Полное обозначение формата кадра управляющей программы имеет вид: №000 T00 G00 M00 F00 S00 L00 X(R) ±000000 Y(Z) ± 00000ПС. При записи кадра программы необходимо учитывать следующее.

1. В кадре некоторые слова могут отсутствовать, потому что технологические команды действуют до их отмены.
2. В кадре могут быть команды на перемещение по одной или двум координатным осям.
3. Команды T, G, M, F, L, S в кадре можно менять местами, так как запись буквенных обозначений адресов обеспечивает четкое разделение слов.
4. Признак адреса обязательно записывается перед числовой информацией.
5. Направление перемещения по координатам записывается сразу после признака адреса.
6. Смена инструмента в револьверной головке должна задаваться в последовательности от наименьшего номера инструмента к наибольшему (например, 1-2-4-6, а не 5-3-6-1).
7. С целью сокращения времени работы по оси Z смену инструмента рекомендуется совмещать с позиционированием по осям X и Y.
8. Любая команда в кадре может быть записана только один раз.

При записи частот вращения шпинделя и скоростей подач суппорта необходимо пользоваться табл. 1 и 2 в приложении 4, где указаны их коды. Коды и обозначения вспомогательных команд приведены в табл. 3 (приложение 4).

В ходе обработки отверстий нередко имеет место повторение отдельных технологических переходов по оси Z, например, сверление, зенкерование, развертывание и т. п. Такие переходы на станке 2Р125Ф2 выделены в автоматические циклы. Для управления стандартными автоматическими циклами в устройстве ЧПУ “Координата С – 70/3” используются подготовительные команды с G80 по G99, некоторые из них приведены в табл. 4 (приложение 4). Использование стандартных автоматических циклов позволяет упростить и ускорить программирование, уменьшить длину программоносителя.

При программировании перемещений шпинделя необходимо учитывать наладочные размеры инструментов, которые, как правило, отличаются по длине. Учет размеров инструментов в устройстве ЧПУ “Координата С – 70/3” осуществляется набором величин отклонений размеров реального инструмента от размеров, которые заданы в программе. Величины коррекции рассчитываются и записываются в карте наладки, а затем устанавливаются наладчиком при помощи декадных переключателей на наборном поле устройства ЧПУ по номеру гнезда инструмента в револьверной головке.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ КРЫШКИ

Вся информация по обработке детали, представленная в геометрическом плане и карте наладки, записывается в расчетно-технологическую карту.

Составим управляющую программу для реализации технологического процесса обработки крышки. Обработку начинают с центрирования всех отверстий сверлом диаметром 6,3 мм, поэтому в первом кадре программы (№001) осуществляется автоматический поиск и установка в шпиндель инструмента Т01, имеющего коррекцию установки положения по оси Z L01. Одновременно назначается скорость вращения шпинделя S10, подача стола F12 и рабочий орган помещается в ноль программы, который имеет координаты X + 000000 и Y + 00000.

В кадре №002 по команде G81 включается вращение шпинделя по часовой стрелке и производится центрирование отверстия №0 по автоматическому циклу на глубину 5,1 мм.

В кадре №003 и №004 предусмотрено перемещение инструмента Т01 к отверстию №1, имеющего координаты X + 004125 и Y - 03250, и сверление его с использованием стандартного цикла G81.

В кадре №005 шпиндель с инструментом Т01 перемещается только по оси Y к отверстию №2 до координаты Y + 02855

В кадрах №006 и №007 производится центрирование отверстия №2 с последующем быстрым отводом по команде G62 к координате R + 022000.

В кадре №008 по команде G60 отменяется функция G62 и производится точное позиционирование к координатам X – 004835 и Y + 03056, а в кадре №009 – обработка отверстия №3 по автоматическому циклу G81.

В кадрах №010 и №011 производится центрирование отверстия №4, с последующим быстрым отводом шпинделя к началу отсчета координаты R для смены инструмента. Величины частоты вращения шпинделя и подачи стола в кадрах №002 - №011 определяются ранее поданными командами F12 и S10.

В кадрах №012 - №015 производится последовательная обработка с охлаждением отверстия №0 (сверление инструментом T02, зенкерование инструментом T03 и развертывание инструментом T04).

В последующих кадрах №016 - №032 ведется параллельная обработка отверстий №№1 – 4 (сверление инструментом T05 и зенкерование инструментом T06).

В кадре №033 осуществляется отвод рабочего органа в исходное положение по команде G92, включение подачи охлаждающей жидкости по команде M09, а в кадре №034 – выключение вращения шпинделя (M02). Конец программоносителя (M30). Конец программы.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Разработать управляющую программу обработки детали на станке модели 2Р135Ф2. Обрабатываемая деталь показана на рис. 7, а варианты размеров приведены в табл. 4.

Разработку управляющей программы производят в такой последовательности.

1. Изучить технологическую характеристику вертикально-сверлильного станка модели 2Р1354Ф2 и особенности программирования устройства ЧПУ типа “Координата С – 70/3”.
2. Вычертить деталь по размерам варианта задания, выбрать систему координат программы.
3. Разработать технологический маршрут обработки детали. Составить операционную карту механической обработки по ГОСТ 3.1404-74.
4. Выбрать способ установки и крепления детали на столе станка. Составить карту наладки по форме, которая дана в приложении 2.
5. Произвести кодирование информации. Составить расчетно-технологическую карту по ГОСТ 3.1418-74.

Исходные данные, задание Таблица 4

№ пп	№, шт.	DA, мм	Б, мм.	DB, мм	№ пп	№ шт	DA, мм.	Б, мм.	DB, мм.	Категория заготовки
1	2	20	20	14	16	8	14	35	20	Сталь, НВ = 200
2	3	18	25	15	17	6	16	30	18	Сталь, НВ = 250
3	4	16	30	16	18	4	18	25	16	Сталь, НВ = 280
4	6	14	35	18	19	3	20	20	15	Чугун, НВ = 160
5	8	12	40	20	20	2	12	25	14	Чугун, НВ = 200
6	2	12	40	18	21	8	14	30	20	Чугун, НВ = 230
7	3	14	35	16	22	6	16	35	18	Алюминиев. Сплав
8	4	16	30	15	23	4	18	40	16	Алюминиев. сплав
9	6	18	25	14	24	3	20	25	14	Алюминиев. сплав
10	8	20	20	15	25	2	18	30	20	Сталь, НВ =200
11	2	20	25	16	26	8	16	35	18	Сталь, НВ = 250
12	3	18	30	18	27	6	14	40	16	Сталь, НВ = 280
13	4	16	35	20	28	4	12	35	15	Чугун, НВ = 160
14	6	14	40	20	29	3	14	30	14	Чугун, НВ = 200
15	8	12	45	18	30	2	16	25	15	Чугун, НВ = 230

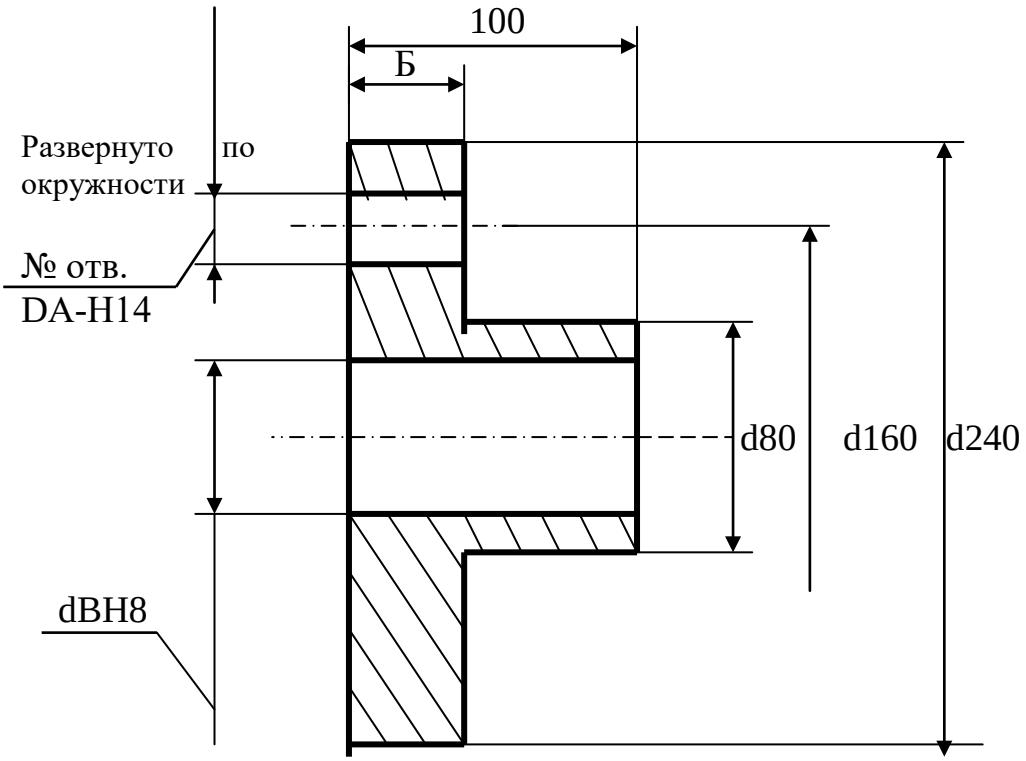

Рис.7. Чертеж фланца к заданию в табл. 4.

СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТСЧЕТА ПО РАБОТЕ

Отчет должен содержать:

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Переработанный чертеж детали по размерам заданного варианта.
4. Технологические документы: операционную карту, карту наладки и расчетно-технологическую карту для обработки детали заданного варианта.
5. Выводы по работе, в которых необходимо оценить выбор технологической схемы и рабочих циклов обработки отверстий заданной детали, способы базирования и закрепления детали на столе станка, а также системы координат программы.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие конструктивные особенности и технологические возможности имеют современные станки с ЧПУ?
2. От чего зависит выбор маршрута обработки отверстий?
3. Что такое “плавающий ноль”?
4. Что необходимо учитывать при выборе нуля программы?
5. Почему размеры на переработанном чертеже детали, обрабатываемой на станке 2Р135Ф2, указаны в абсолютной системе координат?
6. Какие способы базирования и закрепления заготовок применяют на сверлильных станках с ЧПУ?
7. От чего зависит наладочный размер режущего инструмента?
8. Какие преимущества дает использование стандартных циклов?
9. Каков порядок записи информации в кадре для устройства ЧПУ типа “Координата С – 70/3”.
10. Зачем и каким образом корректируют размеры режущих инструментов?

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Ю. И. , Маслов А. Р. , Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ. Справочник. – М.: Машиностроение, 1982.
2. Лоскутов В. В. Сверлильные и расточные станки. – М.: Машиностроение, 1981, гл. 7.

ГОСТ 3.1418-74. ФОРМА 1 а ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Энгельсский филиал Кафедра ОТМ	Операционная расчетно-технологическая карта	крышка

Оборудование			
Сверлильная	Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2Р135Ф2	ТИП СИСТЕМЫ “Координат-С 70/3”	И158 – 06 – 15

№ кадра	Перемещения по осям									Подача	Число оборотов	Напр. вращения	Номер коррекции	Технологические команды		
	+ -	X(ΔX)	+ -	Y(ΔY)	+ -	Z(ΔZ)	+ -	R(ΔR)								
001		000000		00000						F12	S10		L01	T01		ПС
002					-	22510	+	022000						G81		ПС
003	+	004125	+	03250												ПС
004					-	25510	+	025000								ПС
005			+	02855												ПС
006					-	25510	+	025000								ПС
007							+	022000						G62		ПС
008	+	004835	+	03056										G60		ПС
009					-	25510	+	022000						G81		ПС
010			+	02560												П
011					-	25510	+	022000						G91		ПС
012		000000		00000						F11	S10		L02	T02		П
013					-	26970	+	020000						G91		ПС
014					-	29050	+	021800		F10	S14		L03	T03		П
015					-	31200	+	023800		F05	S08		L04	T04	G96	П
016	+	004125	+	03250						F12	S12		L05	T05		П
017					-	30380	+	026400						G81		ПС
018			+	02855												П
019					-	30380	+	026400								П
020							+	023400						G62		П
021	+	004835	+	03056										G60		П
022					-	28080	+	023400						G81		П
023				02560												П
024					-	28080	+	023400						G91		П
025	+	004125	+	03025						F09	S08		L06	T06		П
026					-	31400	+	030200						G82		П
027			+	02855												П
028					-	31400	+	030200								П
029							+	027200						G62		П
030	+	004835	+	03056										G60		П
031					-	28400	+	027200						G82		П
032			+	02560												П
033					-	28400	+	027200						G92 M09		П
														M02 ПС M30		

ГОСТ3.1404-74 ФОРМА 1 ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

			01140.00001
Энгельсский филиал кафедра ОТМ	Операционная карта механической обработки	70-4202024	60140.00008
		Крышка	Лит.

		Наименование операции	Наименование и марка материала	Масса детали	Заготовка		
					Профиль и размеры	Твердость	Масса
		Свердильная	Сталь-Ст.45	4,41	132 * 88	НВ260	5,47
	Оборудование (наименование, модель)		Приспособление (код, наимен.)	Специальное	Охлаждение		
	Вертикально-сверлильный с ЧПУ – 2Р135Ф2				С охлаждением эмульсией		

№ перехода	Содержание перехода	Инструмент (код и наимен.) Вспом.	Режущ.	Измерительн.	Расчетн. размеры D,ширина	Длина, Lz	t	i	Режимы обработки S	n	V	T0	Тв
01	Установить инструмент в револьверной головке.		6 штук										
02	Закрепить деталь на столе согласно координатам нулевой точки.			Оправка. Индикатор									
03	Установить величину коррекции инструментов.												
04	Установить перфоленту в ФСУ.												
05	Центрировать 5 отверстий (№№ 0-4) диаметром 6,3 мм.	Патрон 6150-0001 МН1177-60. Втулка перех.6100-0144	Сверло 2317-0020 ГОСТ 14952-69		6,3	5,1	31,5	1	80	1400	27,6		
06	Сверлить отверстие №0 диаметром 8 мм.	Патрон 6150-0001 МН1177-60. Втулка	Сверло 2300-0195 ГОСТ 10902-64		8	69,7	4	1	80	1000	25,1		
	Зенкеровать отверстие №0												

07	Диаметром 9,79 мм	переходная 6100-0144	Зенкер 2323-0001 ГОСТ 12489-71		9,79	72,5	0,895	1	200	710	22,3		
08	Развертывать отверстие №0 диаметром 10 мм.	Втулка переходная 6100-0141. Втулка переходная 6100-0144	Развертка 2363-0189	Пробка ГОСТ 14810-69	10	74	0,105	1	50	125	3,9		
09	Сверлить отверстие №1 диаметром 6 мм.	Втулка переходная 6100-0141. Втулка переходная 6100-0144	Сверло 2300-0181 ГОСТ 10902-64		6	39,8	3	1	125	1400	26,4		
10	Сверлить отверстие №2 диаметром 6 мм. Сверлить отверстие №3 диаметром 6 мм. Сверлить отверстие №4 диаметром 6 мм.	Патрон 6150-0001-МН1177-60. Втулка переходная 6100-0156.			6	39,8	3	1	125	1400	26,4		
11	Зенкеровать отверстие №1 диаметром 14 мм.				6	39,8	3	1	125	1400	26,4		
12		Патрон 6150-0001-МН1177-60. Втулка переходная 6100-0156	Сверло 2300-0181 ГОСТ 10902-64		6	46,8	3	1	125	1400	26,4		
13	Зенкеровать отверстие №2 диаметром 14 мм. Зенкеровать отверстие №3 диаметром 14 мм. Зенкеровать отверстие №4 диаметром 14 мм.	Втулка переходная 6100-0153. Втулка переходная 6100-0157.	Зенковка 2350-0103 ГОСТ 15599-70		14	46,8	4	1	50	500	22		
14					14	46,8	4	1	50	500	22		
15					14	46,8	4	1	50	500	22		
16					14	46,8	4	1	50	500	22		

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица 1

Коды частоты вращения шпинделя

Код команды, F	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Скорость вращения шпинделя, об/мин.	31,5	45	63	90	125	180	250	355	500	710	1000	1400

Таблица 2

Коды подач по координатам

Код команды, S	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
Подача суппорта мм/мин.	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Код команды, S	15	16	17	18										
Подача суппорта мм/мин.	250	315	400	500										

Таблица 3

Коды вспомогательных команд

Код команды, M	Наименование команды
M00	Запрограммированный останов
M01	Останов с подтверждением
M02	Конец программы
M03	Включение вращения шпинделя по часовой стрелке
M04	Включение вращения шпинделя против часовой стрелки
M05	Включение вращения шпинделя
M06	Смена инструмента
M08	Включение подачи охлаждения
M09	Выключение подачи охлаждения
M30	Конец программоносителя

Таблица 4

Автоматические циклы по оси Z

Код команды, G	СТРУКТУРА ФУНКЦИИ	НАЗНАЧЕНИЕ
G80	Отмена постоянных циклов	
G81	Цикл сверления: быстрый подвод к координате R, движение подачи к координате Z, отвод инструмента к координате R.	Сверление по постоянному циклу
G82	Так же, как G81, с заранее определенной остановкой в нижней части отверстия.	Подрезка торца по постоянному циклу
G84	Так же, как G81, до нижней части. Одновременный реверс подачи и вращения шпинделя до начальной позиции рабочей подачи, а затем быстрое движение к исходному положению.	Нарезание резьбы по постоянному циклу
G86	Так же, как G 84, но без реверса вращения шпинделя.	Растачивание по постоянному циклу
G91 G92 G94 G96	Аналогичны G81, G82, G84, G86, но с добавлением: быстрый дальнейший отвод к началу отсчета координаты R.	Для отвода рабочего органа в верхнее исходное положение. Для неполного отвода рабочего органа от детали.
G62	Быстрый подвод к координате R, рабочая подача к координате Z, останов рабочего органа.	Ускоренное позиционирование с двух сторон.
	Программированное движение по оси R без постоянных циклов, т. е. без координаты Z.	То же, что в п. 1. То же, что в п. 1.
	Организация подхода к координатам X и Y со стороны движения.	
G60	Для смены функции G62 или организации подхода к координатам X и Y с одной стороны.	Точное позиционирование.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

КАРТА НАЛАДКИ

Код инструмента, T		T01		T02	T03	T04	T05		T06	
Код коррекции, L		L01		L02	L03	L04	L05		L06	
Код частоты вращения, F		F12		F11	F10	F05	F12		F09	
Код подачи, S		S10		S10	S14	S08	S12		S08	
Наименование инструмента		Сверло d6, 3H14		Сверло d8H14	Зенкер d9, 79H10	Развертка d10H8	Сверло d6H14		Зенковка d14H14	
Инструментальная оснастка	Патрон, №	6150-0001		6150-0001	-	-	6150-0001		-	
	Втулка, № Втулка, №	6100-0144 -		6100-0144 -	6100-0141 6100-0144	6100-0141 6100-0144	6100-0156 -		6100-0153 6100-0157	
Нулевая отметка шпинделя 0										
$H_{мин.} - L_{макс.} = 282$ мм.	Длина вылета инструмента, мм. 50 100 150	130		150	132	112	116		78	
	Коррекция, мм.	152		132	150	170	166		204	
Отверстие, №		0, 3, 4	1, 2	0	0	0	3, 4	1, 2	3, 4	1, 2
Коорд. конца ускор.хода, R		220	250	200	218	238	231	264	272	302
Коорд. конца ускор. хода, Z		225,1	255,1	269,7	290,5	312	280,8	303,8	284	314

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ГОСТ 3.1418-74. ФОРМА 1а

ТИ СГТУ Кафедра ОТМ	Операционная расчетно-технологическая карта	крышка	
		Оборудование	
Сверлильная	Вертикально-сверлильный с ЧПУ	ТИП СИСТЕМЫ	И158 – 06 – 15
	2Р135Ф2	“Координат-С 70/3”	

№ кадра	Перемещения по осям									Подача	Число оборотов	Напр. вращения	Номер коррекции	Технологические команды
	+ -	X(ΔX)	+ -	Y(ΔY)	+ -	Z(ΔZ)	+ -	R(ΔR)						
001		000000		00000						F12	S10		L01	T01 ПС G81 ПС ПС ПС ПС ПС G62 ПС G60 ПС G81 ПС ПС G91 ПС T02 ПС G91 ПС T03 ПС T04 G96 ПС T05 ПС G81 ПС ПС ПС G62 ПС G60 ПС G81 ПС ПС G91 ПС T06 ПС G82 ПС ПС G62 ПС G60 ПС G82 ПС ПС G92 M09 ПС M02 ПС M30
002					-	22510	+	022000						
003	+	004125	+	03250										
004					-	25510	+	025000						
005			+	02855										
006					-	25510	+	025000						
007							+	022000						
008	+	004835	+	03056										
009					-	25510	+	022000						
010			+	02560										
011					-	25510	+	022000						
012		000000		00000						F11	S10		L02	
013					-	26970	+	020000						
014					-	29050	+	021800		F10	S14		L03	
015					-	31200	+	023800		F05	S08		L04	
016	+	004125	+	03250						F12	S12		L05	
017					-	30380	+	026400						
018			+	02855										
019					-	30380	+	026400						
020							+	023400						
021	+	004835	+	03056										
022					-	28080	+	023400						
023				02560										
024					-	28080	+	023400						
025	+	004125	+	03025						F09	S08		L06	
026					-	31400	+	030200						
027			+	02855										
028					-	31400	+	030200						
029							+	027200						
030	+	004835	+	03056										
031					-	28400	+	027200						
032			+	02560										
033					-	28400	+	027200						

ГОСТ3.1404-74 ФОРМА 1 ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

			01140.00001
Энгельсский филиал кафедра ОТМ	Операционная карта механической обработки	70-4202024	60140.00008
		Крышка	Лит.

		Наименование операции	Наименование и марка материала	Масса детали	Заготовка		
					Профиль и размеры	Твердость	Масса
		Сверлильная	Сталь-Ст.45	4,41	132 * 88	НВ260	5,47

				Охлаждение
	Оборудование (наименование, модель)	Приспособление (код, наимен.)	Специальное	С охлаждением эмульсией
	Вертикально-сверлильный с ЧПУ – 2Р135Ф2			

№ перехода	Содержание перехода	Инструмент (код и наимен.)			Расчетн. размеры		t	i	Режимы обработки			Т0	Тв
		Вспом.	Режущ.	Измерительн.	D,ширина	Длина, Lz			S	n	V		
01	Установить инструмент в револьверной головке.		6 штук										
02	Закрепить деталь на столе согласно координатам нулевой точки.			Оправка. Индикатор									
03	Установить величину коррекции инструментов.												
04	Установить перфоленту в ФСУ.												
05	Центрировать 5 отверстий (№№ 0-4) диаметром 6,3 мм.	Патрон 6150-0001 МН1177-60. Втулка перех.6100-0144	Сверло 2317-0020 ГОСТ 14952-69		6,3	5,1	31,5	1	80	1400	27,6		
06	Сверлить отверстие №0	Патрон 6150-0001 МН1177-60.	Сверло 2300-0195 ГОСТ		8	69,7	4	1	80	1000	25,1		

	диаметром 8 мм.	Втулка переходная 6100-0144	10902-64										
07	Зенкеровать отверстие №0 Диаметром 9,79 мм	Втулка переходная 6100-0141. Втулка переходная 6100-0144	Зенкер 2323-0001 ГОСТ 12489-71		9,79	72,5	0,895	1	200	710	22,3		
08	Развертывать отверстие №0 диаметром 10 мм.	Втулка переходная 6100-0141. Втулка переходная 6100-0144	Развертка 2363-0189	Пробка ГОСТ 14810-69	10	74	0,105	1	50	125	3,9		
09	Сверлить отверстие №1 диаметром 6 мм.	Патрон 6150-0001-МН1177-60. Втулка переходная 6100-0156.	Сверло 2300-0181 ГОСТ 10902-64		6	39,8	3	1	125	1400	26,4		
10	Сверлить отверстие №2 диаметром 6 мм.				6	39,8	3	1	125	1400	26,4		
11	Сверлить отверстие №3 диаметром 6 мм.				6	39,8	3	1	125	1400	26,4		
12	Сверлить отверстие №4 диаметром 6 мм.	Патрон 6150-0001-МН1177-60. Втулка переходная 6100-0156	Сверло 2300-0181 ГОСТ 10902-64		6	46,8	3	1	125	1400	26,4		
13	Зенкеровать отверстие №1 диаметром 14 мм.	Втулка переходная 6100-0153. Втулка переходная 6100-0157.	Зенковка 2350-0103 ГОСТ 15599-70		14	46,8	4	1	50	500	22		
14	Зенкеровать отверстие №2 диаметром 14 мм.				14	46,8	4	1	50	500	22		
15	Зенкеровать отверстие №3 диаметром 14 мм.				14	46,8	4	1	50	500	22		
16	Зенкеровать отверстие №4 диаметром 14 мм.				14	46,8	4	1	50	500	22		