

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Методические рекомендации
к самостоятельной работе для студентов специальности
1-40 05 01 «Информационные системы и технологии
(по направлениям)»
заочной формы обучения*



Могилев 2023

УДК 004.9
ББК 32.973-018.2
П78

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты»
«28» февраля 2023 г., протокол № 10

Составитель канд. техн. наук, доц. Д. С. Галюжин

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

Методические рекомендации к самостоятельной работе предназначены для студентов специальности 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии (по направлениям)» заочной формы обучения.

Учебное издание

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ответственный за выпуск	С. Н. Хатетовский
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	М. М. Дударева

Подписано в печать 25.05.2023. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 1,0 . Тираж 44 экз. Заказ № 633.

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, 2023

Содержание

Введение.....	4
1 Основные движения и системы координат станка с ЧПУ.....	6
2 Индивидуальные задания для самостоятельной работы.....	12
Список литературы	16

Введение

Первый станок с возможностью ввода управляющей программы с перфокарты появился еще в 1801 г. – это был Жаккардовый ткацкий станок. Этот станок был с механическим вводом управляющей программы, а вот первый станок с электронным управлением был сконструирован и продемонстрирован широкой публике в 1950 г. Автор идеи такого станка стал Джон Пэрсонс (John T. Parsons), работавший инженером в компании своего отца Parsons Inc. производившей вертолетные пропеллеры. Но в разработке конструкции станка с вводом управляющей программы перфокартой, участвовали компания Parsons Inc совместно с лабораторией сервомеханики Массачусетского технологического института при финансовой поддержке военно-воздушных сил (ВВС) США. Правда разработанная конструкция была очень сложна, а разработанный на её основе серийный станок с ЧПУ компании Bendix Corp. в 1954 г. был в десятки раз дороже, чем его аналог с ручным управлением, ведь для реализации управляющей программы требовался «простейший ламповый компьютер», который по размерам был больше, чем сам станок. Поэтому внедрение станков с ЧПУ шло очень медленно. ВВС США выкупили 120 станков и сдали их в аренду по символической стоимости. Это дало толчок в развитии станков с вводом управляющей программы в цифровом виде и в конце 1950-х – начале 1960-х гг. аналогичные станки выпускались в Японии, Германии и СССР.

Основным сдерживающим фактором в развитии систем с ЧПУ было развитие компьютерных систем и их стоимость, а также производительность вычислительных систем и развитие CAD- / САМ-систем. Бурное развитие микроэлектроники в конце 1990-х гг. заложило рост производства систем с ЧПУ в мире в 2000-х гг. Сложившийся дефицит на рынке рабочих профессий делает профессию оператора станков с ЧПУ наиболее привлекательной.

Для современных станков с ЧПУ существует три метода программирования обработки и создания управляющей программы:

- 1) ручное программирование;
- 2) программирование на пульте управляющей системы с ЧПУ;
- 3) программирование при помощи CAD- / САМ-системы.

Ручное программирование – длительное, монотонное и однообразное занятие. Однако все технологи-программисты должны знать технику ручного программирования – базу для последующего обучения. В Республике Беларусь существует еще немало предприятий, на которых используется метод ручного программирования. Действительно, если завод имеет несколько станков с ЧПУ, а изготавливаемые детали просты, то грамотный программист способен довольно успешно работать и без средств автоматизации собственного труда. Метод программирования на пульте управляющей программы станка с ЧПУ приобрел особую популярность лишь в последние годы, что связано с развитием технической базы (сенсорные экраны, твердотельная память, высокопроизводительные системы минимальных размеров), улучшением интерфейса пультов управления и их технологических возможностей. При программировании на

пульте управления системы ЧПУ программы создаются прямо на экране управления, используя клавиатуру, джойстик и сенсорный экран. Современные пульты станков и системы ЧПУ работают очень быстро и эффективно, позволяя оптимизировать управляющую программу под конкретный станок, на котором они установлены. Большинство пультов систем с ЧПУ предлагают диалоговый язык программирования, который значительно упрощает процесс создания управляющей программы (УП), делает «общение» с ЧПУ удобным для оператора. Третий метод – программирование при помощи систем автоматизированного проектирования (САПР) позволяет поднять процесс написания программ обработки на более высокий уровень. Работая с САПР, технолог-программист избавляет себя от трудоемких математических расчетов и получает инструменты, значительно повышающие скорость написания. В состав систем автоматизированного проектирования входят следующие программные продукты:

- САД-системы (computer-aided design – компьютерная поддержка проектирования) – это программное обеспечение, которое автоматизирует труд инженера-конструктора и позволяет решать задачи проектирования изделий и оформления технической документации при помощи персонального компьютера;

- САМ-системы (computer-aided manufacturing – компьютерная поддержка изготовления) – это программное обеспечение, которое автоматизирует расчеты траекторий перемещения инструмента для обработки на станках с ЧПУ и обеспечивает выдачу управляющих программ с помощью компьютера;

- САЕ-системы (computer-aided engineering – компьютерная поддержка инженерных расчетов) – это программное обеспечение, которое предназначено для решения различных инженерных задач, например, для расчетов конструктивной прочности, анализа тепловых процессов, расчетов гидравлических систем и механизмов.

1 Основные движения и системы координат станка с ЧПУ

Для обработки заготовок на станках с ЧПУ так же, как и на универсальных станках, необходимо сообщить режущему инструменту и заготовке определенный, как правило достаточно сложный, комплекс согласованных друг с другом движений. Эти движения представлены на рисунке 1.1.

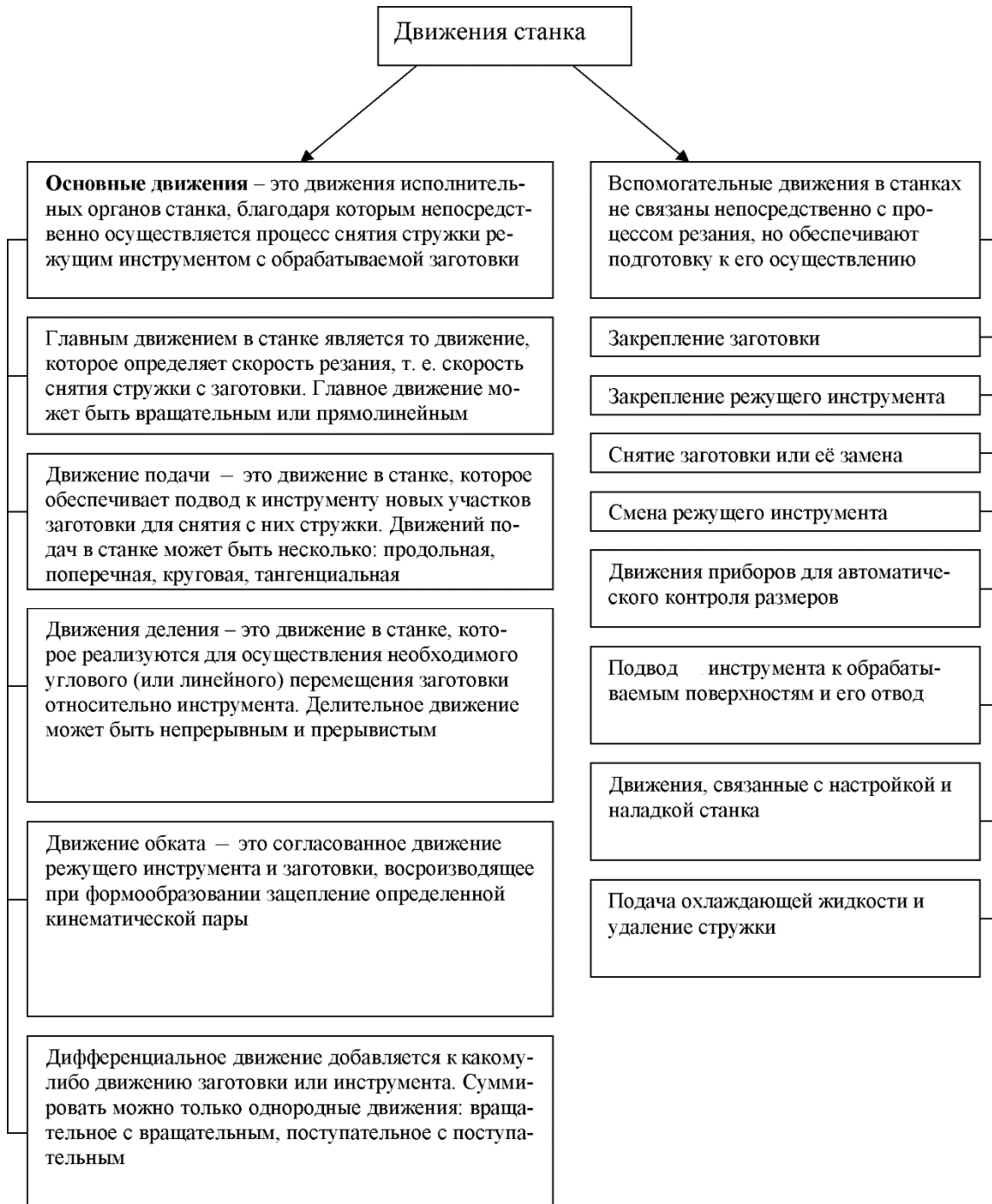


Рисунок 1.1 – Движения станка

Функционирование станка с ЧПУ в принципе невозможно без использования определенной системы координат, с помощью которой устанавливаются пространственные координаты любой точки в пределах рабочей зоны станка.

Рассмотрим системы координат, используемые на станках с ЧПУ с помощью схемы, представленные на рисунках 1.2 и 1.3.

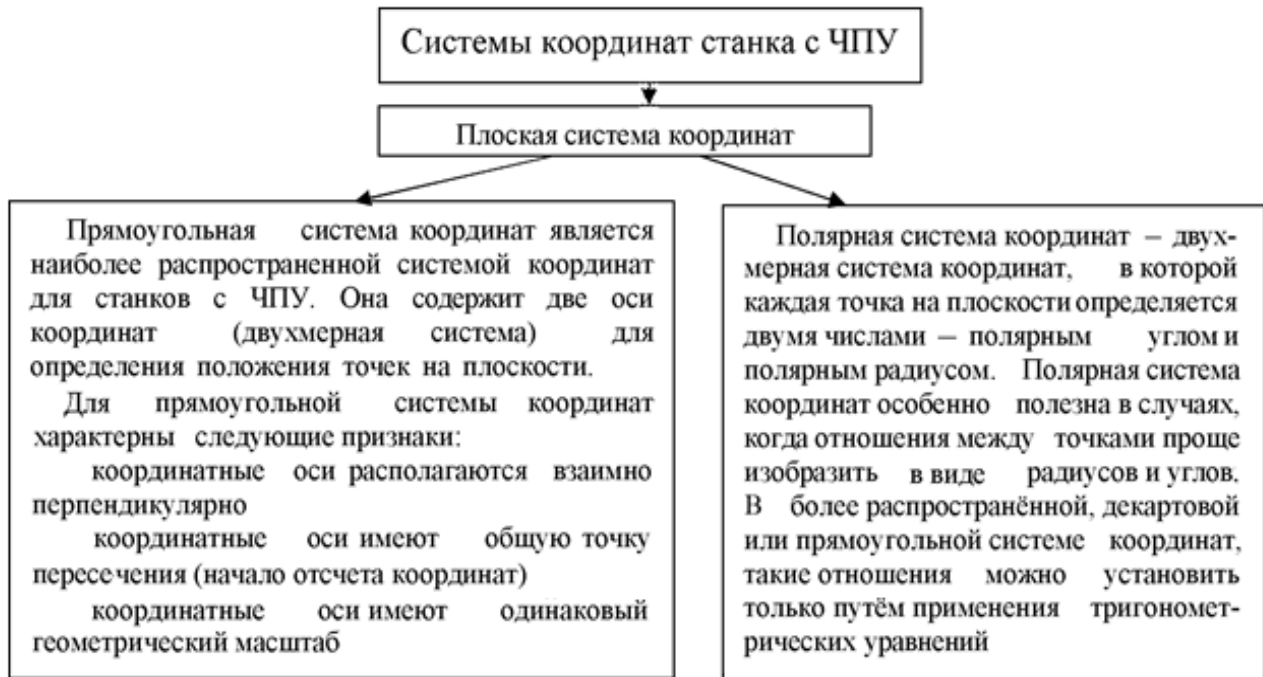


Рисунок 1.2 – Системы координат

В таких ситуациях используют пространственную прямоугольную систему координат с дополнительными осями координат. Дополнительные оси координат являются поворотными осями, которые располагаются вокруг основных линейных осей X , Y и Z (см. рисунок 1.3). Ось вращения вокруг оси X обозначается как ось A , ось вращения вокруг оси Y – как ось B , ось вращения вокруг оси Z – как ось C .

Координаты по поворотным осям также могут иметь как положительные, так и отрицательные значения. За положительное направление (от «минуса» к «плюсу») поворотной координатной оси принимается направление по часовой стрелке, если смотреть на ось вращения в положительном направлении соответствующей ей линейной оси.

Координаты по поворотным осям также могут иметь как положительные, так и отрицательные значения. За положительное направление (от «минуса» к «плюсу») поворотной координатной оси принимается направление по часовой стрелке, если смотреть на ось вращения в положительном направлении соответствующей ей линейной оси (рисунки 1.4 и 1.5).

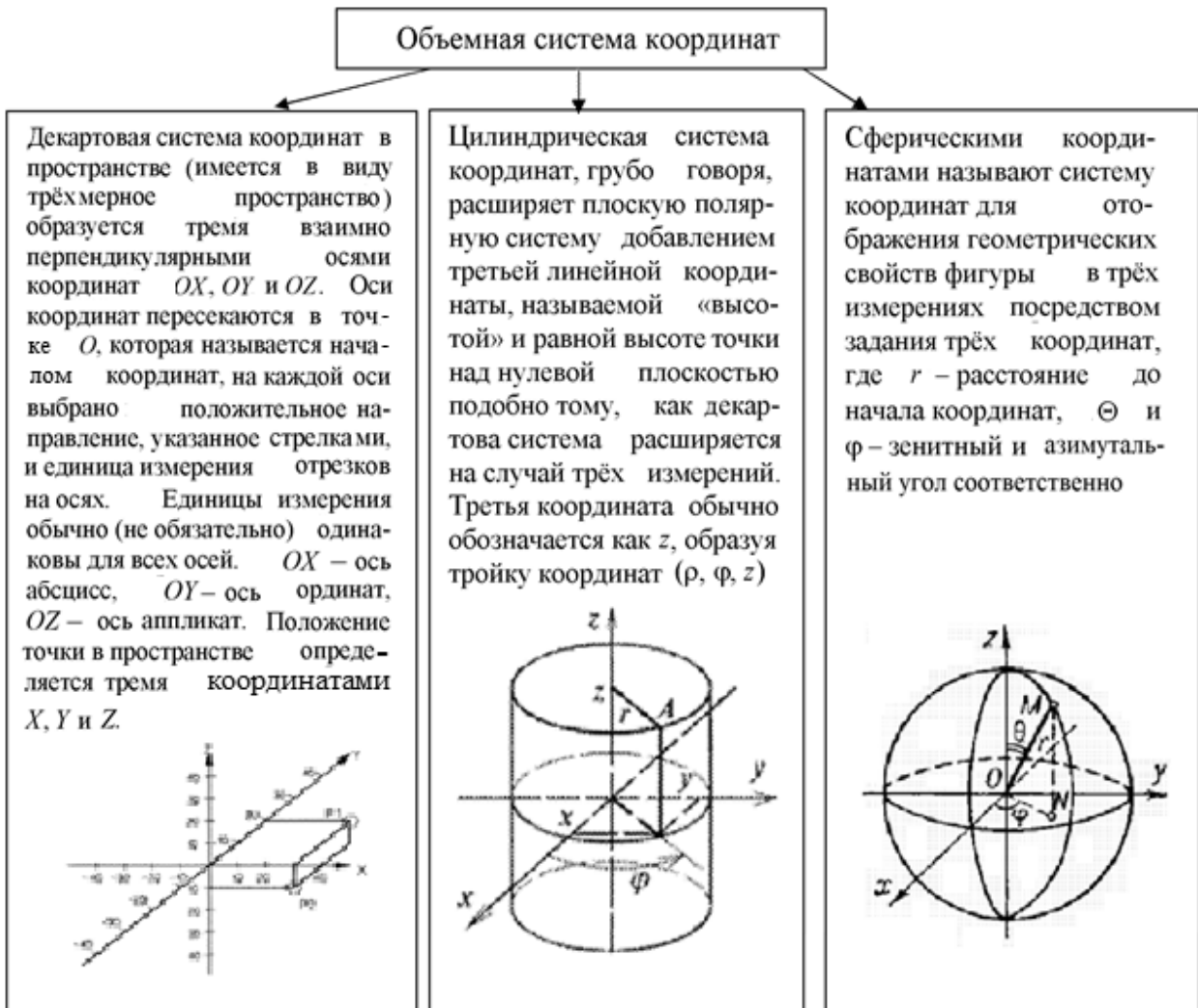


Рисунок 1.3 – Объёмная система координат

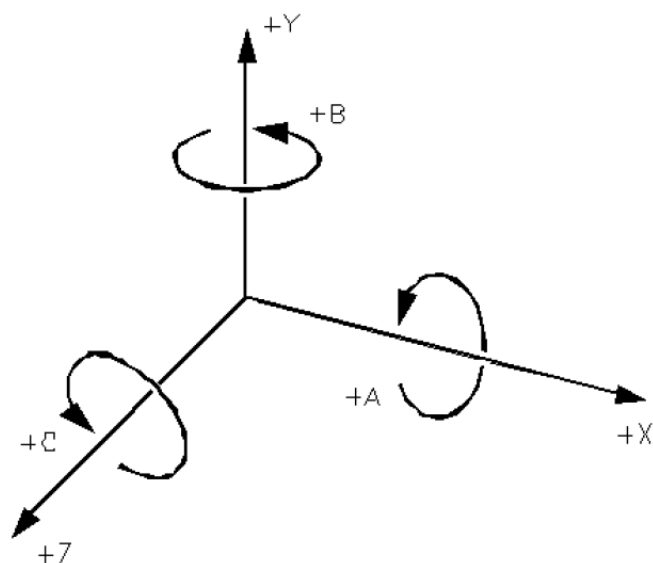


Рисунок 1.4 – Прямоугольная система координат с дополнительными поворотными осями

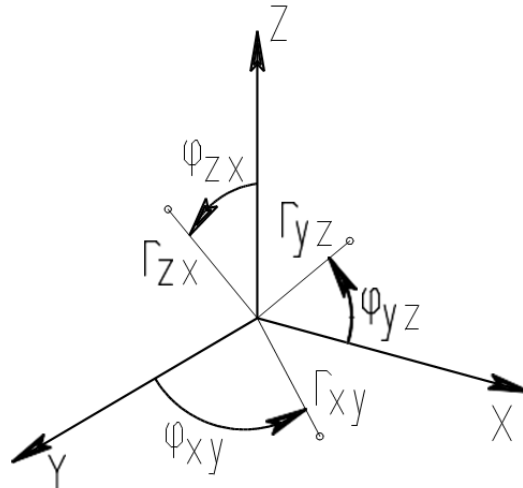


Рисунок 1.5 – Пространственная полярная система координат

Координатная система станка с ЧПУ

Для станков с ЧПУ принята единая система координат, рекомендуемая Международной организацией по стандартизации (ISO), – прямоугольная система координат. Число координатных осей, их расположение в пространстве и начало отсчета (нулевая точка станка) устанавливаются производителем станка и не подлежат изменению пользователем. Система координат станка является основной расчетной системой для ЧПУ, в которой определяются предельные перемещения, начальные и текущие положения исполнительных органов станка. Для удобства программирования процесса обработки в станках с ЧПУ принято координатные оси всегда ориентировать параллельно направляющим станка. В зависимости от типа станка расположение осей координат в пространстве может быть различным, но существуют следующие общие правила.

1 Ось Z всегда совмещена с осью вращения шпинделя. Ее положительное направление всегда совпадает с направлением перемещения от устройства для крепления заготовки к режущему инструменту.

2 Если в системе координат станка имеется хотя бы одна ось, расположенная горизонтально и не совпадающая с осью вращения шпинделя, то это будет обязательно ось X .

3 Если ось Z расположена горизонтально, то положительным направлением оси X считается направление перемещения вправо, если встать лицом к левому – относительно передней плоскости – торцу станка. (Передняя плоскость станка – сторона, с которой располагаются пульт и основные органы управления станком.)

4 Если ось Z расположена вертикально, то положительным направлением оси X считается направление перемещения вправо, если встать лицом к передней плоскости станка.

5 Положительное направление оси Y определяется по одному из следующих правил: смотря вдоль оси Z в положительном направлении, мысленно повернуть ось X на 90° по часовой стрелке вокруг оси Z .

6 Правило правой руки: если мысленно поместить ладонь правой руки в начало координат таким образом, чтобы ось Z выходила из ладони перпендикулярно ей, а отогнутый под углом 90° к ладони большой палец показывал положительное направление оси X , то указательный палец будет показывать положительное направление оси Y (рисунок 1.6).

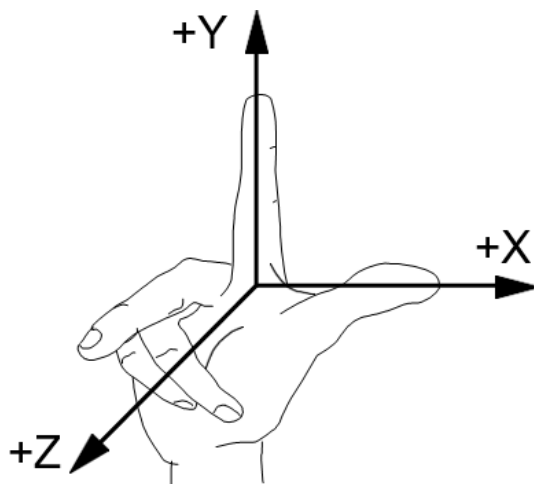


Рисунок 1.6 – Правило правой руки

Положение и обозначение координатных осей в станках с ЧПУ

По технологическим признакам и возможностям станки с ЧПУ классифицируются по группам так же, как универсальные станки. При этом в зависимости от компоновки станка с ЧПУ меняется вид и пространственное расположение его системы координат.

Для фрезерных станков с ЧПУ используется пространственная координатная система, как правило, прямоугольная. Определяющим фактором для пространственного расположения осей координатной системы является ориентация в пространстве оси рабочего шпинделя. Ось шпинделя фрезерного станка всегда совпадает с осью Z . Положительным направлением оси Z является направление от места крепления заготовки на рабочем столе к месту крепления режущего инструмента в шпинделе. Если ось Z (ось шпинделя) расположена вертикально, то такой станок является вертикально-фрезерным станком, если ось Z расположена горизонтально, то – горизонтально-фрезерным станком.

Пространственное расположение и положительное направление двух других основных осей координат X и Y определяется в соответствии с «правилом правой руки». Если система координат фрезерного станка с ЧПУ содержит больше трех осей, то расположение дополнительных осей координат определяется расположением основных осей (рисунок 1.7).

Для токарных станков с ЧПУ наиболее распространенной является плоская прямоугольная система координат с осями Z и X . Как и в случае с фрезерными станками, определяющим фактором для пространственного расположения осей координатной системы является ориентация в пространстве оси рабочего шпинделя, которая всегда совпадает с осью Z . Положительным направлением оси Z

является направление от места крепления заготовки в шпинделе к режущему инструменту. Ось X расположена перпендикулярно оси Z , при этом положительное направление оси X совпадает с направлением перемещения, при котором инструмент отдаляется от заготовки (рисунок 1.8).

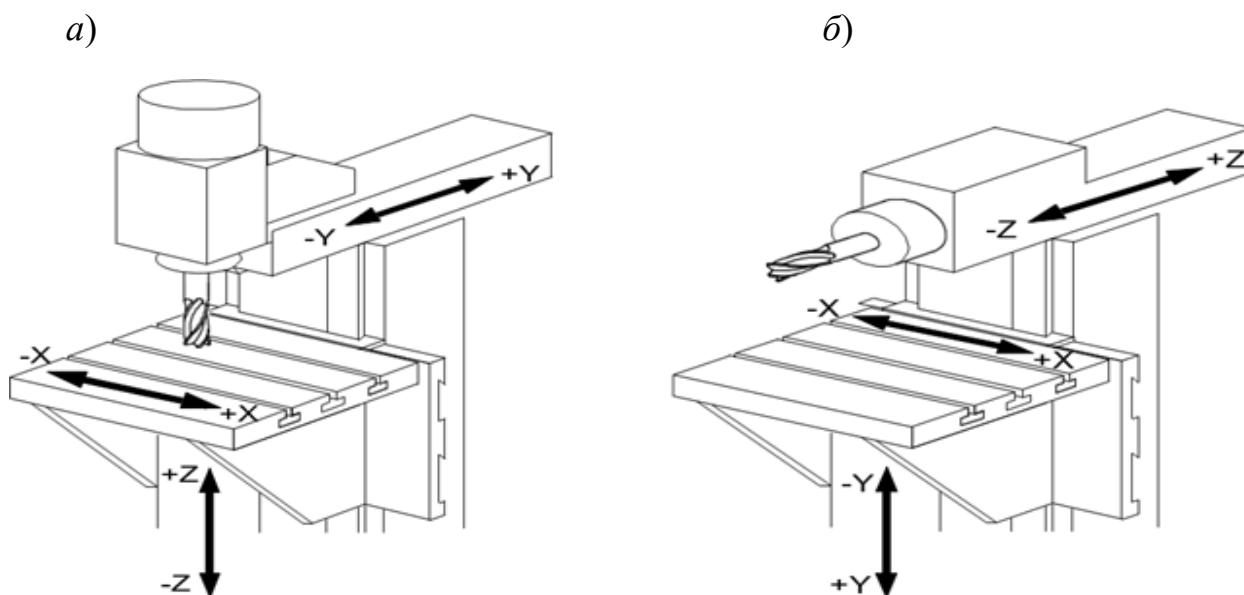


Рисунок 1.7 – Система координат вертикально-фрезерного (а) и горизонтально-фрезерного (б) станков

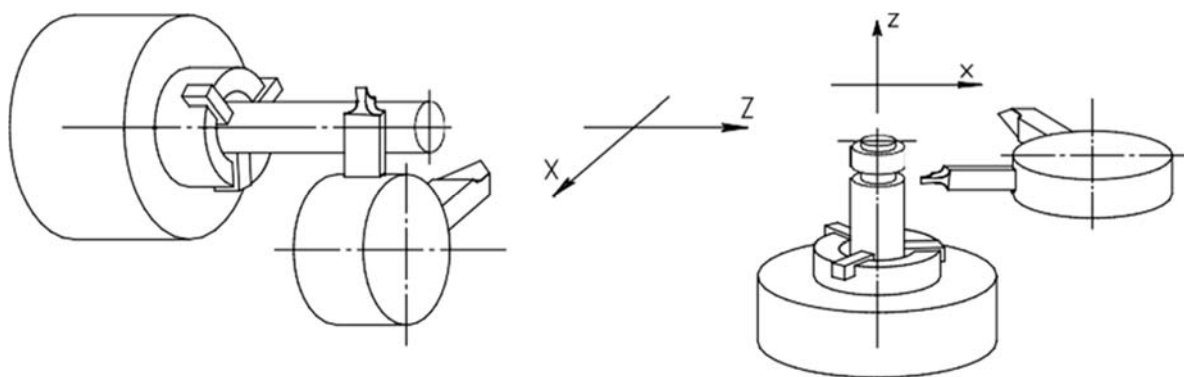


Рисунок 1.8 – Плоская прямоугольная система координат в токарном станке

Если рабочий шпиндель токарного станка с ЧПУ управляется с помощью управляющей программы, то к двум линейным осям координат Z и X добавляется еще одна координатная ось – ось вращения C (рисунок 1.9).

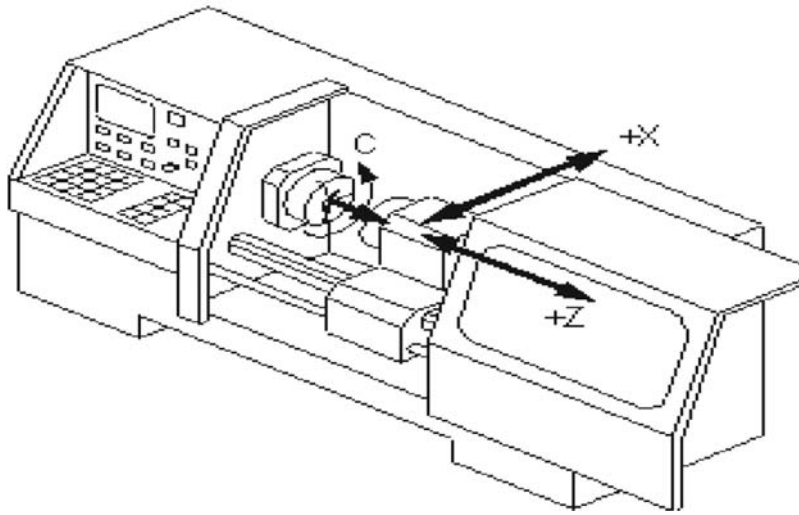


Рисунок 1.9 – Расположение осей в токарном станке

Контрольные вопросы

- 1 Что такое основное и вспомогательное движение станка? Приведите примеры.
- 2 Основные системы координат, применяемые на станках с ЧПУ.
- 3 Опишите методику определения осей координат металлорежущего станка.
- 4 Правило правой руки.

2 Индивидуальные задания для самостоятельной работы

В соответствии с заданием написать код программы и проверить в программе NC Viewer или аналогичной.

Задание 1

Точить канавку прямоугольной формы за несколько ходов с перекрытием $LL = 1$ мм (рисунок 2.1, таблица 2.1). Пауза в конце рабочего хода – 2 с.

Номер инструмента T1. Ширина резца – 4 мм. Материал заготовки – сталь 45. Материал режущей части – твердый сплав T15K6.

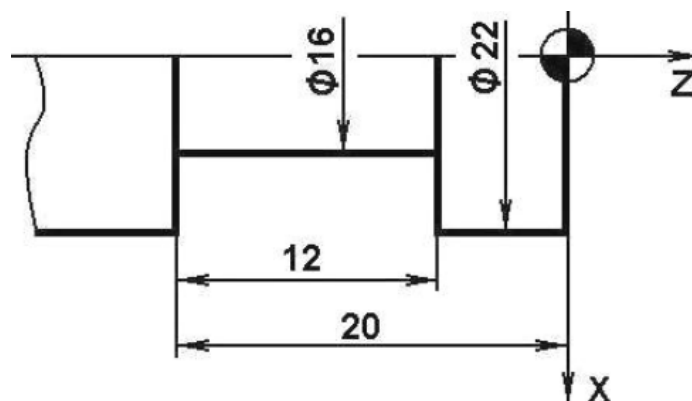


Рисунок 2.1 – Схема обработки для задания 1

Таблица 2.1 – Режим резания для задания 1

Скорость резания V , м/мин	Частота вращения n , мин ⁻¹	Рабочая подача S_o , мм/об
50	720	

Задание 2

Точить канавку со скошенными краями за несколько ходов без перекрытия (рисунок 2.2, таблица 2.2). Пауза в конце рабочего хода – 1 с.

Номер инструмента Т1. Ширина резца – 4 мм. Материал заготовки – сталь 45. Материал режущей части – твердый сплав Т15К6.

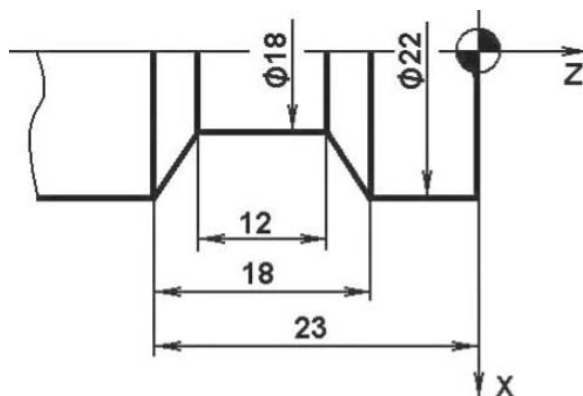


Рисунок 2.2 – Эскиз обработки для задания 2

Таблица 2.2 – Режим резания для задания 2

Скорость резания V , м/мин	Частота вращения n , мин ⁻¹	Рабочая подача S_o , мм/об
60	800	0,04

Задание 3

Точить канавку с закруглением у наружного диаметра за несколько ходов с перекрытием $LII = 1$ мм (рисунок 2.3, таблица 2.3). Пауза в конце рабочего хода – 2 с. Номер инструмента – Т1. Ширина резца – 4 мм. Материал заготовки – сталь 45. Материал режущей части – твердый сплав Т15К6.

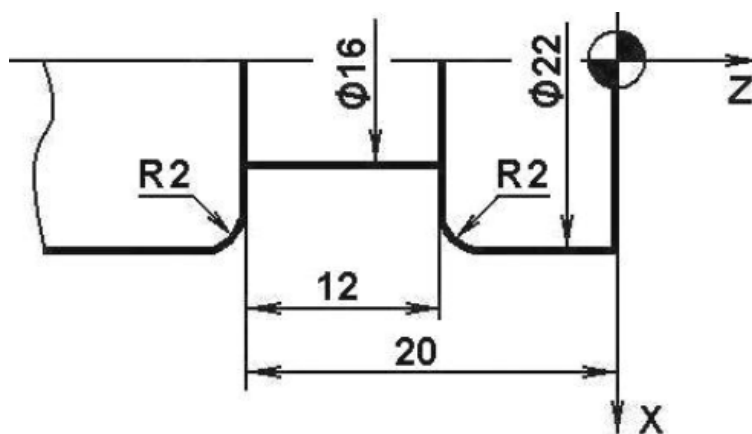


Рисунок 2.3 – Эскиз обработки для задания 3

Таблица 2.3 – Режим резания для задания 3

Скорость резания V , м/мин	Частота вращения n , мин ⁻¹	Рабочая подача S_0 , мм/об
55	900	0,04

Задание 4

Фрезеровать наружный контур с осепараллельной коррекцией по осям X , Y (рисунок 2.4, таблица 2.4). Радиус фрезы принять равным радиусу закругления R . Координаты начальной точки – $X = 0$, $Y = 0$. Номер инструмента – Т1. Номера корректоров: на радиус – $D01$; на длину – $D31$. Материал заготовки – сталь 45. Материал режущей части – твердый сплав Т15К6. Диаметр концевой фрезы – 40 мм. Число зубьев $z = 6$.

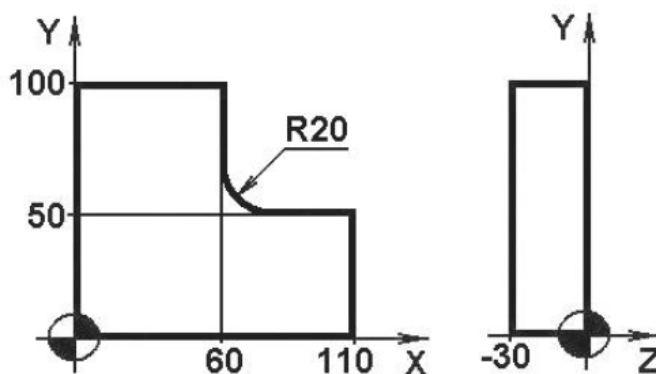


Рисунок 2.4 – Эскиз обработки для задания 4

Таблица 2.4 – Режим резания для задания 4

Скорость резания V , м/мин	Частота вращения n , мин ⁻¹	Рабочая подача	
		S_z , мм/зуб	$S_{мин}$, мм/мин
70	560	0,1	345

Задание 5

Фрезеровать открытый ступенчатый паз за три хода с осепараллельной коррекцией (по оси Y) на радиус фрезы (рисунок 2.5, таблица 2.5).

Номер инструмента – Т1. Номера корректоров: на радиус – $D01$; на длину – $D31$. Материал заготовки – сталь 45. Материал режущей части фрезы – быстрорежущая сталь Р6М5. Диаметр фрезы – 25 мм. Число зубьев $z = 6$.

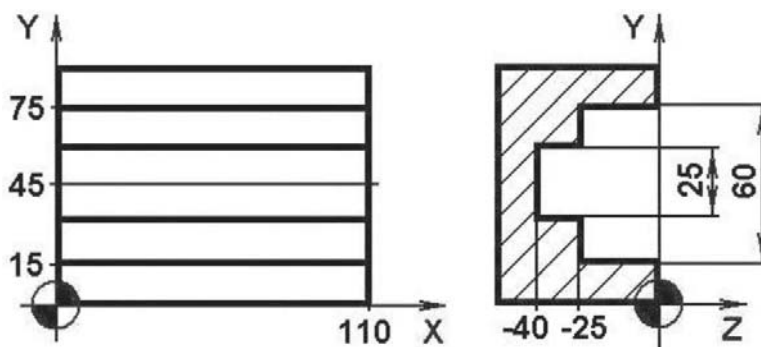


Рисунок 2.5 – Эскиз обработки для задания 5

Таблица 2.5 – Режим резания для задания 5

Скорость резания V , м/мин	Частота вращения n , мин ⁻¹	Рабочая подача	
		S_z , мм/зуб	$S_{мин}$, мм/мин
20	250	0,08	120

Задание 6

Фрезеровать закрытый шпоночный паз с врезанием под углом за три хода (рисунок 2.6, таблица 2.6). Диаметр фрезы принять равным ширине паза. Номер инструмента – Т1. Номер корректора на длину – D31. Материал заготовки – сталь 45. Материал режущей части фрезы – быстрорежущая сталь Р6М5. Диаметр фрезы – 32 мм. Число зубьев $z = 6$.

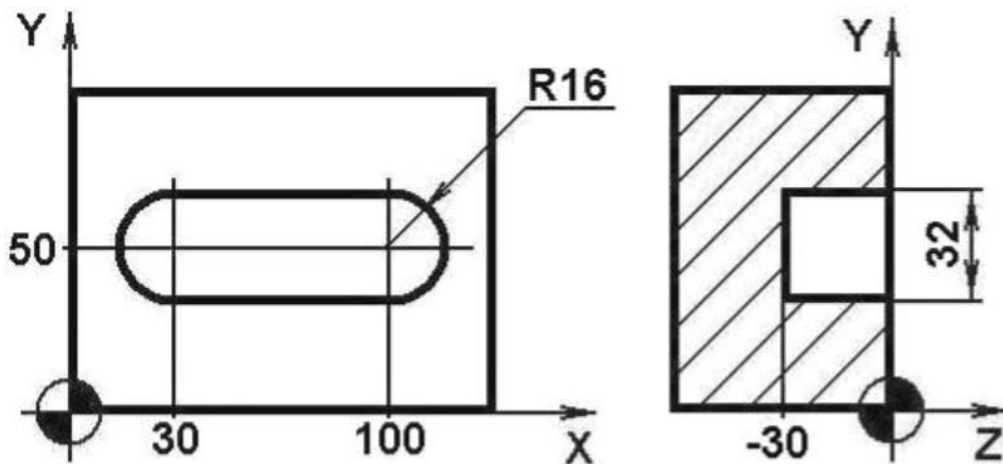


Рисунок 2.6 – Эскиз обработки для задания 6

Таблица 2.6 – Режим резания для задания 6

Скорость резания V , м/мин	Частота вращения n , мин ⁻¹	Рабочая подача	
		S_z , мм/зуб	$S_{мин}$, мм/мин
20	200	0,08	100

Список литературы

- 1 **Жолобов, А. А.** Программирование процессов обработки поверхностей на станках с ЧПУ / А. А. Жолобов, Ж. А. Мрочек. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2009. – 339 с.
- 2 **Серебеницкий, П. П.** Программирование для автоматизированного оборудования / П. П. Серебеницкий, А. Г. Схиртладзе. – Москва: Высшая школа, 2003. – 592 с.
- 3 **Дулькевич, А. О.** Токарная и фрезерная обработка. Программирование системы ЧПУ HAAS в примерах / А. О. Дулькевич. – Минск: РИПО, 2016. – 70 с.
- 4 **ГОСТ 2099–78.** ЕСТД. Символы кода ИСО для станков с числовым программным управлением. – Москва: Изд-во стандартов, 2009. – 14 с.
- 5 **ГОСТ 20523–80.** ЕСТД. Устройства числового программного управления станками. Термины и определения. – Москва: Изд-во стандартов, 1987. – 10 с.
- 6 **ГОСТ 3.1418–86.** ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции с ЧПУ. – Москва: Изд-во стандартов, 2003. – 10 с.
- 7 **ГОСТ 3.1702–79.** ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием. – Москва: Изд-во стандартов, 2003. – 7 с.