

**Міністерство освіти і науки України  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

**В.М. ДОЛЯ**

**ПРОГРАМУВАННЯ, ВВЕДЕННЯ ТА  
ВІДПРАЦЮВАННЯ УПРАВЛЯЮЧИХ ПРОГРАМ  
ДЛЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПУ ТА РТК**

**Навчальний посібник**

**Харків 2004**

**Міністерство освіти і науки України**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

Спеціальність: 7.090.202

В.М. ДОЛЯ

**ПРОГРАМУВАННЯ, ВВЕДЕННЯ ТА**  
**ВІДПРАЦЮВАННЯ УПРАВЛЯЮЧИХ ПРОГРАМ**  
**ДЛЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПУ ТА РТК**

Навчальний посібник

Затверджено  
редакційно-видавничою  
радою університету,  
протокол № 2 від 14.05.03

Харків НТУ „ХПІ” 2004

ББК 34.63-5

УДК 621.9.06-52

Рецензенти: Кондусова О.Б., д.т.н., проф. кафедри “Матеріали та технологія виготовлення виробів транспортного призначення” Української державної академії залізничного транспорту;  
Раб О. Х., к.т.н., проф. кафедри “Різання матеріалів та різальні інструменти” НТУ “ХПІ”

Доля В.М. Програмування, введення та відпрацювання управляючих програм для верстатів з ЧПУ та РТК: Навчальний посібник. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2004. – 169 с.

ISBN966-593-314-0

У посібнику викладені правила кодування інформації та програмування управляючих програм для роботизованих технологічних комплексів мод. 16К20ФЗР132, мод. 16К20ФЗР232, а також верстатів з ЧПУ мод. ТПК-125ВН2. Розглянуті особливості призначення режимів різання при токарній обробці деталей типу тіл обертання на верстатах з ЧПУ. Подані приклади розробки та програмування управляючих програм. Розглянуто порядок введення управляючих програм до пам'яті ПЧПУ та відпрацювання цих програм в автоматичному режимі. Наведені основні технічні характеристики та призначення роботизованих технологічних комплексів та верстатів з ЧПУ.

Призначений для студентів спеціальності 7.090202 «Технологія машинобудування» усіх форм навчання, а також програмістів та операторів верстатів з ЧПУ та РТК машинобудівних підприємств.

Іл. 34. Табл. 82. Бібліогр.: 30 назв.

ББК 34.63-5

ISBN 966-593-314-0

© В.М. Доля, 2004

© НТУ “ХПІ”, 2004

## Вступ

Сучасний розвиток машинобудування безпосередньо пов'язаний з ефективним використанням роботизованих технологічних комплексів та верстатів з ЧПУ. Технічна документація, що додається до обладнання, не знайшла широкого поширення і доступна вузькому колу фахівців. Метою цього посібника є надання студентам, програмістам та наладчикам необхідних початкових знань у галузі програмування управляючих програм, порядку налагодження та управління роботизованими комплексами та верстатами з ЧПУ.

У першій главі посібника викладені загальні правила кодування інформації управляючих програм згідно з кодом ISO-7 bit; подані значення управляючих символів та знаків, значення підготовчих функцій та технологічних команд за ГОСТ 20999-83. Детально викладено особливості програмування токарних верстатів мод. 16К20Т1 з ПЧПУ “Електроніка НЦ-31”, мод. 16К20Ф3С32 з ПЧПУ “2Р22”, мод. ТПК125-ВН2 з ПЧПУ “Н22-1МТ1”, промислових роботів мод. М10П.62.01 з ПЧПУ “Контур-1”, та мод. М20П.40.01 з ПЧПУ “Ізот”. Розглянуті приклади програмування управляючих програм.

У другій главі посібника наведені особливості вибору різального інструмента, призначення подач та швидкостей різання при токарній обробці деталей типу тіл обертання на верстатах з ЧПУ. Подані табличні значення подач та швидкостей різання, а також поправочні коефіцієнти залежно від певних умов обробки.

У третій главі розглянуто порядок розробки управляючої програми для верстата мод. 16К20Т1 поетапно — від аналізу креслення деталі, яку необхідно обробити на верстаті, до розрахунку розмірів заготовки та проміжних розмірів, розрахунку режимів різання, побудови траєкторії переміщення різального інструмента та нормування операції. Наведена управляюча програма.

Четверта та п'ята глави присвячені опису порядку управління верстатами та РТК, порядку налагодження верстатів, введення управляючих

програм та відпрацювання цих програм в автоматичному режимі. Наведені значення клавіш пультів управління та органів управління.

У шостій главі наведені технічні характеристики та призначення верстатів з ЧПУ та РТК.

Навчальний посібник може бути корисним для студентів усіх форм навчання машинобудівних спеціальностей та програмістів верстатів з ЧПУ та РТК.

Відгуки та зауваження, а також пропозиції щодо удосконалення посібника прохання надсилати за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ “ХПІ”, кафедра “Різання матеріалів та різальні інструменти”.

# ГЛАВА 1

## ПРОГРАМУВАННЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПУ ТА ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ

### 1.1 Класифікація систем програмного управління

Під програмним управлінням звичайно розуміють управління за допомогою систем, що забезпечують швидкий перехід на будь-яку програму роботи шляхом набору її або запису умовним кодом на програмоносій, за допомогою якого вона вводиться до верстата.

Під системою числового програмного управління (СЧПУ) верстатом розуміється сукупність спеціалізованих пристроїв, методів та засобів, необхідних для здійснення числового програмного управління (ЧПУ). Система ЧПУ характеризується здебільшого програмуванням циклу, режимів обробки та траєкторій переміщення робочих органів верстата. При цьому уся необхідна інформація подається у вигляді послідовності букв та чисел, нанесених у закодованому вигляді (алфавітно-цифровому коді) на програмоносій.

Системи ЧПУ класифікуються за такими трьома ознаками:

- ступінь досконалості та функціональні можливості;
- вид руху виконавчих механізмів верстата, що визначається геометричною інформацією в програмі;
- кількість потоків інформації.

За ступенем досконалості та функціональними можливостями системи ЧПУ поділяються на такі типи:

- **NC** (Numerical control) – числове програмне управління обробкою на верстаті за програмою, що задана в алфавітно-цифровому коді. Ці системи працюють за «жорсткою логікою». Введення програми до них, як правило, здійснюється з перфострічки;

- **HNC** (Hand NC) – різновид систем ЧПУ з ручним завданням програми з пульта пристрою (з клавіш, перемикачів тощо). На сьогодні існують різновиди систем типу HNC, такі як TNC (Total NC), що мають

у своєму складі зовнішню пам'ять на гнучких дисках (для зберігання управляючих програм) та дисплеї для організації спілкування операторів з ЧПУ, а також VNC (Voice NC), в яких управляюча інформація вводиться безпосередньо з голосу та відображається на дисплеї, що забезпечує візуальний контроль достовірності введення;

- **SNC** (Speicher NC) або **MNC** (Memory NC) – різновид систем ЧПУ, що має пам'ять для зберігання усієї управляючої програми;

- **CNC** (Computer NC) – автономна система ЧПУ верстатом, що містить ЕОМ (як правило, міні-ЕОМ або мікро-ЕОМ) або процесор;

- **DNC** (Direct NC) – система для управління групою верстатів від ЕОМ, що здійснює зберігання програм та розподіл їх за запитами від пристроїв управління верстатом (на верстатах встановлені пристрої типу NC, SNC, CNC).

Головною частиною системи числового програмного управління є пристрій ЧПУ, який належить до того ж типу, що й система.

Пристрої ЧПУ типу NC та HNC мають сталу структуру, а пристрої ЧПУ типу SNC та CNC – змінну. Пристрої ЧПУ типу SNC та CNC є більш досконалішими. Вони будуються на основі мікро ЕОМ (типу CNC) або мікропроцесорів.

За видом руху виконавчих механізмів верстата, що визначається геометричною інформацією в програмі, системи ЧПУ поділяються на позиційні, контурні, комбіновані та централізовані.

**Позиційна система ЧПУ** – це система, що забезпечує встановлення робочого органа верстата в позицію, задану програмою управління верстатом, здебільшого без обробки у процесі переміщення робочого органа верстата. Ці системи застосовуються для управління верстатами свердлильно-розточувальної групи.

**Контурна система ЧПУ** являє собою систему, що забезпечує автоматичне переміщення робочого органа верстата вздовж траєкторії з контурною швидкістю. На сьогодні ці системи є найбільш поширеними і використовуються для управління токарними, фрезерними та іншими верстатами при обробці деталей складного профілю.

**Комбінована система ЧПУ** містить у собі контурні та позиційні системи і використовується в основному для управління багатоопераційними верстатами (обробними центрами).

**Автоматизована система централізованого управління** – це комплекс металорізального обладнання з ЧПУ, що зв'язаний єдиною автоматизованою транспортно-накопичувальною (транспортно-складською) системою і управляється від ЕОМ. Ця система використовується для управління автоматизованими ділянками.

За кількістю потоків інформації системи ЧПУ поділяються на розімкнені, замкнені, адаптивні.

**Розімкнені системи ЧПУ** характеризуються тільки одним потоком інформації, яка спрямовується від програми управління до робочого органа верстата. Переміщення робочого органа верстата при цьому не контролюються і не сполучаються з переміщеннями, заданими програмою. Ці системи прості за конструкцією, забезпечують достатньо високу точність переміщення робочого органа верстата, є найбільш поширеними і використовуються для управління металорізальними верстатами малих та середніх розмірів.

**Замкнені системи ЧПУ** характеризуються двома потоками інформації: один потік надходить від програми управління, а другий - від датчиків зворотного зв'язку. Наявність зворотного зв'язку дозволяє зіставити фактичне відпрацювання програми з заданою та усунути непогодження, що виникають. Ці системи забезпечують значно вищу точність обробки порівняно з розімкненими, але є більш складними та дорогими. Вони використовуються для управління металорізальними верстатами середніх та великих розмірів.

**Адаптивні системи** (ті, що самі підстроюються) мають можливість пристосовуватися до зміни зовнішніх умов і є найбільш прогресивними. Вони мають, окрім основного, додаткові потоки інформації, що дозволяють корегувати процес обробки з урахуванням деформації системи ВПД (верстат-пристрій-інструмент-деталь) та низки випадкових факторів, таких як затуплення різального інструмента, відхилення припуску та твердості заготовок тощо.

У загальному вигляді найбільш поширені системи ЧПУ типу CNC мають структурну схему, зображену на рис. 1.1.



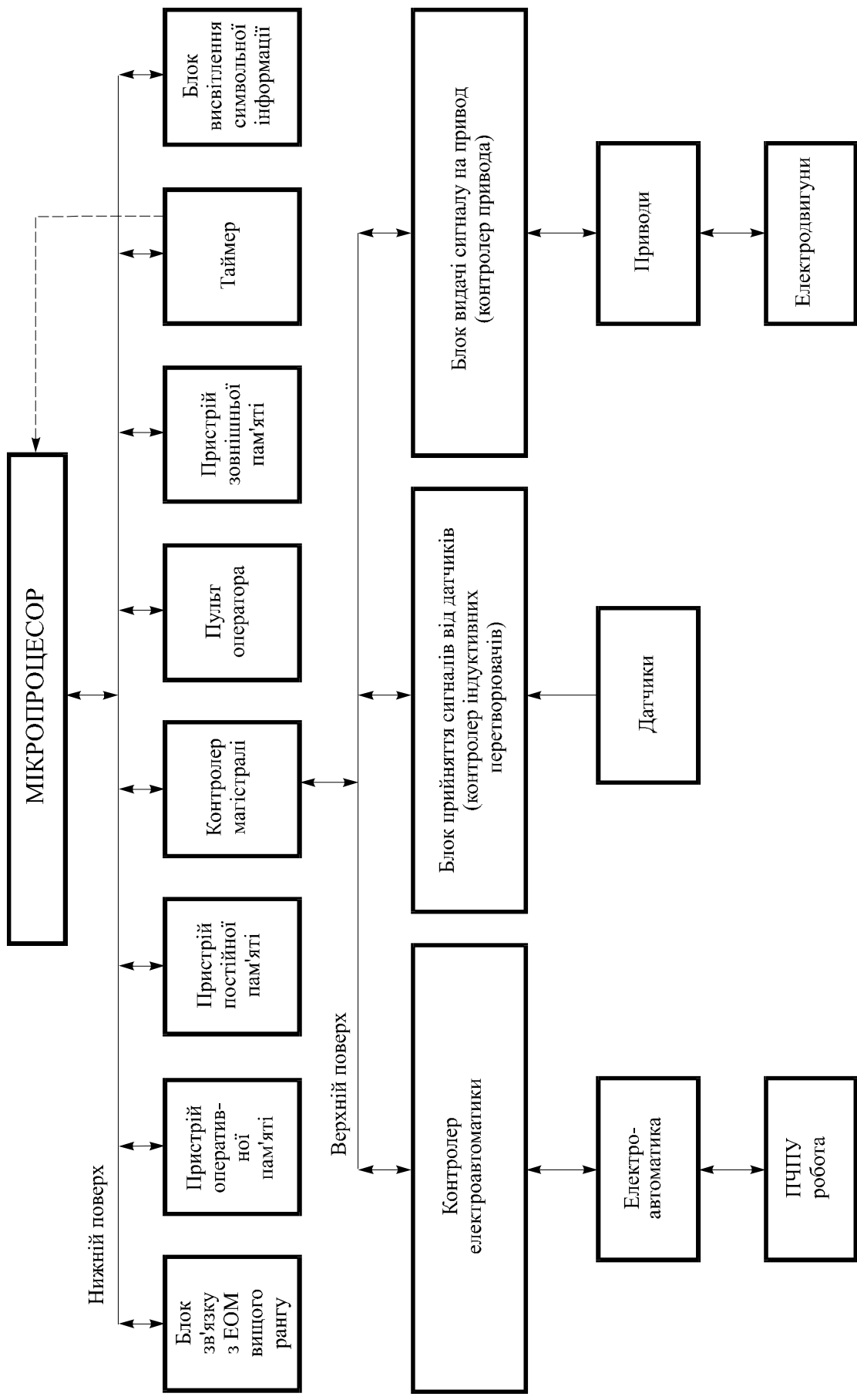


Рисунок 1.1 - Блок-схема системи ЧПУ типу CNC

## 1.2 Кодування інформації управляючих програм

Існують наступні методи підготовки управляючих програм (УП): ручне програмування, за яким збирання та упорядкування інформації і нанесення її на програмоносії здійснює технолог-програміст; машинне програмування, за яким такі роботи, як кодування інформації, визначення переміщень інструмента, вибір режимів різання та оптимальної послідовності виконання переходів та інше виконує ЕОМ; машинне програмування біля верстата, що оснащений мікропроцесорним ПЧПУ (у найбільш досконалому вигляді це - програмування УП з клавіатури ПЧПУ в режимі діалогу, за яким багато проблем щодо призначення режимів різання вирішує ЕОМ ПЧПУ і використовуються типові технологічні цикли, які зберігаються в пам'яті ПЧПУ).

Методи кодування УП, вид програмоносія та щільність запису на ньому, способи зчитування інформації з УП є головними показниками систем ЧПУ і залежать, в основному, від елементної бази ПЧПУ.

Як програмоносії для вітчизняних систем ЧПУ використовуються: магнітні стрічки (унітарний код або фазовий запис); п'ятидоріжкова перфострічка (код БЦК-5); восьмидоріжкова перфострічка (код ISO-7bit); перфострічка з завданням УП за допомогою клавіатури; касета електронна або на ЦМД (цифрових магнітних доменах); магнітна стрічка (міні-касета).

Міжнародним стандартом ISO регламентовані єдині (для всіх видів верстатів) правила кодування інформації УП на носії даних (перфострічки, магнітні стрічки тощо). УП записують у вигляді послідовності кадрів. Перед кодуванням інформації створюють умовний запис кадру. Для цього використовують буквені, цифрові та графічні символи, значення яких наведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Символи програмування та їх значення

Символ	Найменування та значення
A	Кут обертання навколо осі X
B	Кут обертання навколо осі Y
C	Кут обертання навколо осі Z
D	Друга функція інструмента
E	Друга функція подачі
F	Перша функція подачі
G	Підготовча функція
H	Не визначений
I	Параметр інтерполяції або крок різьби паралельно осі X
J	Параметр інтерполяції або крок різьби паралельно осі Y
K	Параметр інтерполяції або крок різьби паралельно осі Z
L	Не визначений
M	Допоміжна функція
N	Номер кадру
O	Не визначений
P	Третинна довжина переміщення паралельно осі X
Q	Третинна довжина переміщення паралельно осі Y
R	Переміщення на швидкому ході по осі Z, або третинна довжина переміщення паралельно осі Z
S	Функція головного руху
T	Перша функція інструмента
U	Вторинна довжина переміщення паралельно осі X
V	Вторинна довжина переміщення паралельно осі Y
W	Вторинна довжина переміщення паралельно осі Z
X	Первинна довжина переміщення паралельно осі X
Y	Первинна довжина переміщення паралельно осі Y
Z	Первинна довжина переміщення паралельно осі Z
ГТ	Табуляція. Символ, що управляє переміщенням друку в наступну знакову позицію на тому ж рядку. Призначений для управління пристроями друку
ПС	Кінець кадру
%	Початок УП (використовується також для зупинки носія даних при зворотній перемотці)
(	Кругла дужка ліва. Інформація, що надходить за цим знаком, не повинна відпрацьовуватися на верстаті
)	Кругла дужка права. Інформація, що надходить за цим знаком, повинна відпрацьовуватися на верстаті
+	Плюс. Математичний знак
-	Мінус. Математичний знак
.	Крапка. Десятинний знак

Продовження таблиці 1.1

Символ	Найменування та значення
/	Пропуск кадру. Знак, який позначає те, що наступна за ним інформація до символу “Кінець кадру” може відпрацьовуватися або не відпрацьовуватися на верстаті (залежно від положення перемикача на пульті ПЧПУ). Перед символами “Номер кадру” та “Головний кадр” знак діє на весь кадр УП
:	Головний кадр УП. (Встановлення у початкову точку; відновлення інформації, наприклад, зупинка зворотної перемотки до заданого положення на стрічці)

ГОСТ 20523-80 визначає основні поняття, що використовуються при програмуванні, наступним чином.

**Управляюча програма** – сукупність команд мовою програмування, що відповідають заданому алгоритмові дії верстата з обробки певної заготовки. Управляюча програма складається з кадрів УП.

**Кадр управляючої програми** – складова частина УП, що вводиться та оброблюється як єдине ціле і містить не менше однієї команди. Кадр УП складається із слів, що відповідають різноманітним командам.

**Слово управляючої програми** – складова частина кадру УП, що містить певну інформацію з виконання команди управління. Слово складається з адреси та даних.

**Адреса** в числовому програмному управлінні – частина слова УП, що визначає призначення наступних за ним у цьому ж слові даних. Адреса - це символи, які відповідають ГОСТ 20999-83 (див. табл.1.1), службові символи, що використовуються в УП.

Основною смисловою одиницею управляючої програми є **кадр УП**, який складається із слів УП і має певний формат, прийнятий у даному пристрої ЧПУ.

**Формат кадру УП** – умовний запис структури та розміщення слів у кадрі УП з максимальною кількістю слів.

**Зміст кадру УП** також є регламентованим. Кожний кадр повинен містити: слово «Номер кадру»; інформаційні слова або слово; символ «Кінець кадру». Залежно від моделі верстата зміст кадру може відрізнятися, але послідовність запису символів повинна відповідати стандарту на формат кадру.

Інформаційні слова в кадрі рекомендується записувати в такій послідовності: «Підготовча функція » (G); «Розмірні переміщення» (X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R, A, B, C); «Параметр інтерполяції або крок різьби» (I, J, K); «Функція подачі» (F); «Функція головного руху» (S); «Функція інструмента» (T); «Допоміжна функція» (M).

У вказівках з програмування ПЧПУ, що додаються до верстата, зазначається формат кадру та УП, а також надаються конкретні рекомендації щодо правил кодування та складання УП залежно від моделі ПЧПУ та верстата.

У ПЧПУ реалізується значна кількість підготовчих та допоміжних функцій. Кодування підготовчих функцій, пов'язаних з режимами роботи, формою руху, циклами обробки та іншим, наведено у табл. 1.2. Кодування допоміжних функцій наведено у табл. 1.3.

Таблиця 1.2 - Кодування підготовчих функцій

Підготовча функція	Значення відповідно до ГОСТ 20999-83
G00	Швидке позиціонування. Переміщення в запрограмовану точку з максимальною швидкістю (наприклад, з найбільшою швидкістю подачі). Попередньо запрограмована швидкість переміщення ігнорується, але не відміняється. Переміщення вздовж осей не координовані
G01	Лінійна інтерполяція. Вид управління, за яким забезпечується постійне співвідношення між швидкостями вздовж осей координат, пропорційне відношенню між відстанями, на які повинен переміститися виконавчий орган верстата вздовж двох або більше осей координат одночасно. При прямокутній системі координат переміщення відбувається вздовж прямої лінії
G02	Кругова інтерполяція. Рух за годинниковою стрілкою. Кругова інтерполяція, за якої рух виконавчого органу спрямований за годинниковою стрілкою, якщо дивитися з боку додатного напрямку осі, перпендикулярно до поверхні, що обробляється
G03	Кругова інтерполяція. Рух проти годинникової стрілки. Кругова інтерполяція, за якої рух виконавчого органу спрямований проти годинникової стрілки, якщо дивитися з боку додатного напрямку осі, перпендикулярно до поверхні, що обробляється

Продовження таблиці 1.2

Підготовча функція	Значення відповідно до ГОСТ 20999-83	
G04	Пауза. Витримка на відповідний час, певне значення якого задається в управляючій програмі або іншим способом. Використовується для виконання тих або інших операцій, які проходять визначений час і не потребують відповіді про виконання	
G05	Не визначена	
G06	Параболічна інтерполяція. Вид контурного управління для отримання дуги параболи, за яким векторні швидкості вздовж осей координат, що використовуються для утворення цієї дуги, змінюються пристроєм управління	
G07	Не визначена	
G08	Розгін. Автоматичне збільшення швидкості переміщення на початку руху до запрограмованого значення	
G09	Гальмування. Автоматичне зменшення швидкості переміщення відносно запрограмованого при наближенні до запрограмованої точки	
Від G10 до G16	Не визначені	
G17	Вибір площини XY	} Завдання площини таких функцій, як кругова інтерполяція, корекція на фрезу та ін.
G18	Вибір площини XZ	
G19	Вибір площини YZ	
Від G20 до G24	Не визначені	
Від G25 до G29	Постійно не визначені	
Від G30 до G32	Не визначені	
G33	Нарізування різьби	
G34	Нарізування різьби з кроком, що збільшується	
G35	Нарізування різьби з кроком, що зменшується	
Від G36 до G39	Постійно не визначені	
G40	Відміна корекції інструмента	
G41	Корекція на фрезу - ліва. Корекція на фрезу при контурному управлінні. Використовується, коли фреза знаходиться зліва від поверхні, яка обробляється, якщо дивитися від фрези у напрямку її руху відносно заготовки	

Продовження таблиці 1.2

Підготовча функція	Значення відповідно до ГОСТ 20999-83	
G42	Корекція на фрезу - права. Корекція на фрезу при контурному управлінні. Використовується, коли фреза знаходиться справа від поверхні, що обробляється, якщо дивитися від фрези у напрямку її руху відносно заготовки	
G43	Корекція на положення інструмента – додатна. Вказівка, що значення корекції на положення інструмента необхідно додати до координати, яка задана у відповідному кадрі або кадрах	
G44	Корекція на положення інструмента – від’ємна. Вказівка, що значення корекції на положення інструмента необхідно відняти від координати, яка задана у відповідному кадрі або кадрах	
Від G45 до G52	Не визначені	
G53	Відміна заданого зсуву. Відміна будь-якої з функцій G54- G59	
G54	Заданий зсув за X	} Зсув нульової точки деталі відносно початкової точки верстата
G55	Заданий зсув за Y	
G56	Заданий зсув за Z	
G57	Заданий зсув за XY	
G58	Заданий зсув за ZX	
G59	Заданий зсув за YZ	
Від G60 до G62	Не визначені	
G63	Нарізування різьби мітчиком	
Від G64 до G79	Не визначені	
G80	Відміна постійного циклу. Функція, яка відмінює будь-який постійний цикл	
G81	Постійний цикл 1	} Значення функцій G81- G89 наведені у табл. 1.4
G82	Постійний цикл 2	
G83	Постійний цикл 3	
G84	Постійний цикл 4	
G85	Постійний цикл 5	
G86	Постійний цикл 6	
G87	Постійний цикл 7	
G88	Постійний цикл 8	
G89	Постійний цикл 9	
G90	Абсолютний розмір. Відлік переміщення відбувається відносно вибраної нульової точки	
G91	Розмір у приростах. Відлік переміщень відбувається відносно попередньої запрограмованої точки	

Продовження таблиці 1.2

Підготовча функція	Значення відповідно до ГОСТ 20999-83
G92	Встановлення абсолютних накопичувачів положення. Зміна стану абсолютних накопичувачів положення. При цьому рух виконавчих органів не відбувається
G93	Швидкість подачі у функції, зворотній часу. Вказівка, що число, наступне за адресою F, дорівнює зворотному значенню часу в хвилинах, необхідному для відпрацювання кадру
G94	Подача за хвилину (мм/хв)
G95	Подача за оберт (мм/об)
G96	Постійна швидкість різання. Вказівка, що число, наступне за адресою S, дорівнює швидкості різання в метрах за хвилину. При цьому швидкість шпинделя регулюється автоматично з метою підтримки запрограмованої швидкості різання
G97	Оберти за хвилину. Вказівка, що число, наступне за адресою S, дорівнює частоті обертання, об/хв
G98	Не визначена
G99	Не визначена

Таблиця 1.3 - Кодування допоміжних функцій

Допоміжна функція	Значення відповідно до ГОСТ 20999-83
M00	Програмований зупинник. Зупинник без втрати інформації по закінченню відпрацювання відповідного кадру. Після виконання програм відбувається зупинка шпинделя, подачі, вимикання охолодження. Робота за програмою відновлюється після натискання кнопки
M01	Зупинник з підтвердженням. Функція є аналогічною функції M00, але виконується тільки при попередньому підтвердженні з пульту управління
M02	Кінець програми. Вказує на завершення відпрацювання управляючої програми та приводить до зупинки шпинделя, подачі та вимикання охолодження після виконання всіх команд у кадрі. Використовується для приведення в первісний стан ПЧПУ і (або) первісне положення виконавчих органів верстата
M03	Обертання шпинделя за годинниковою стрілкою. Вмикає шпиндель у тому напрямку, за яким гвинт з правою нарізкою, що закріплений у шпинделі, входить у заготовку
M04	Обертання шпинделя проти годинникової стрілки. Вмикає шпиндель у тому напрямку, за яким гвинт з правою нарізкою, що закріплений у шпинделі, виходить із заготовки
M05	Зупинник шпинделя. Зупинник шпинделя найбільш ефективним способом. Вимикання охолодження



Продовження таблиці 1.3

Допоміжна функція	Значення відповідно до ГОСТ 20999-83
M06	Зміна інструмента. Команда про зміну інструмента вручну або автоматично (без пошуку інструмента). Може автоматично вимикати шпindel та охолодження
M07	Вмикання охолодження №2. Вмикання охолодження №2, наприклад, мастильним туманом
M08	Вмикання охолодження №1. Вмикання охолодження №1, наприклад, рідиною
M09	Вимикання охолодження. Відмінняє M07, M08
M10	Затискання. Стосується роботи з пристосуванням для затискання пересувних органів верстата
M11	Розтискання
Від M12 до M18	Не визначені
M19	Зупинник шпинделя в заданій позиції. Викликає супинник шпинделя при досягненні ним певного кутового положення
Від M20 до M29	Не визначені
M30	Кінець інформації. Приводить до зупинки шпинделя, подачі і вимикання охолодження після виконання всіх команд у даному кадрі. Використовується для встановлення у початковий стан ПЧПУ і (або) початкове положення виконавчих органів верстата. Встановлення у початковий стан ПЧПУ містить у собі повернення до символу «Початок програми»
Від M31 до M47	Не визначені
M48	Відміна M49
M49	Відміна ручної корекції. Функція, що вказує на відміну ручної корекції швидкості подачі і (або) швидкості головного руху та про повернення цих параметрів до запрограмованих значень
Від M50 до M57	Не визначені
M58	Відміна M59
M59	Стала швидкість шпинделя. Підтримка сталими поточних значень швидкості шпинделя незалежно від переміщення виконавчих органів верстата та задіяної функції G96
Від M60 до M99	Не визначені

Таблиця 1.4 - Значення постійних циклів

Функція	Рух у процесі обробки	Дія в кінці обробки		Рух у вихідне положення	Типове використання
		Пауза	Шпиндель		
G81	Робоча подача	-	-	Швидке відведення	Свердління, центрування
G82	Робоча подача	Так	-	Швидке відведення	Свердління, зенкування
G83	Подача з періодичним виведенням інструмента	-	-	Швидке відведення	Глибоке свердління
G84	Обертання шпинделя в заданому напрямі, робоча подача шпинделя	-	Реверс	Відведення на робочій подачі	Нарізання різьби мітчиком
G85	Робоча подача	-	-	Відведення на робочій подачі	Розточування, розвертання
G86	Вмикання шпинделя, робоча подача	-	Зупинник	Швидке відведення	Розточування
G87	Вмикання шпинделя, робоча подача	-	Зупинник	Відведення вручну	Розточування
G88	Вмикання шпинделя, робоча подача	Так	Зупинник	Відведення вручну	Розточування
G89	Робоча подача	Так	-	Відведення на робочій подачі	Розточування, розвертання

Після кодування інформації УП у вигляді послідовності кадрів здійснюється запис УП на програмоносій, наприклад, перфострічку. Якщо УП вводиться з клавіатури безпосередньо в пам'ять ПЧПУ за допомогою буквено-цифрових та індексних клавіш, то необхідності у використанні перфострічки немає. Запис УП на перфострічку відбувається шляхом перфорування на ній кодових отворів. Код визначається місцем перфорації у рядку (рис. 1.2). Символи формату УП подаються комбінаціями кодових отворів на перфострічці. Цю операцію при ручному програмуванні виконують на пристрої підготовки перфострічки.

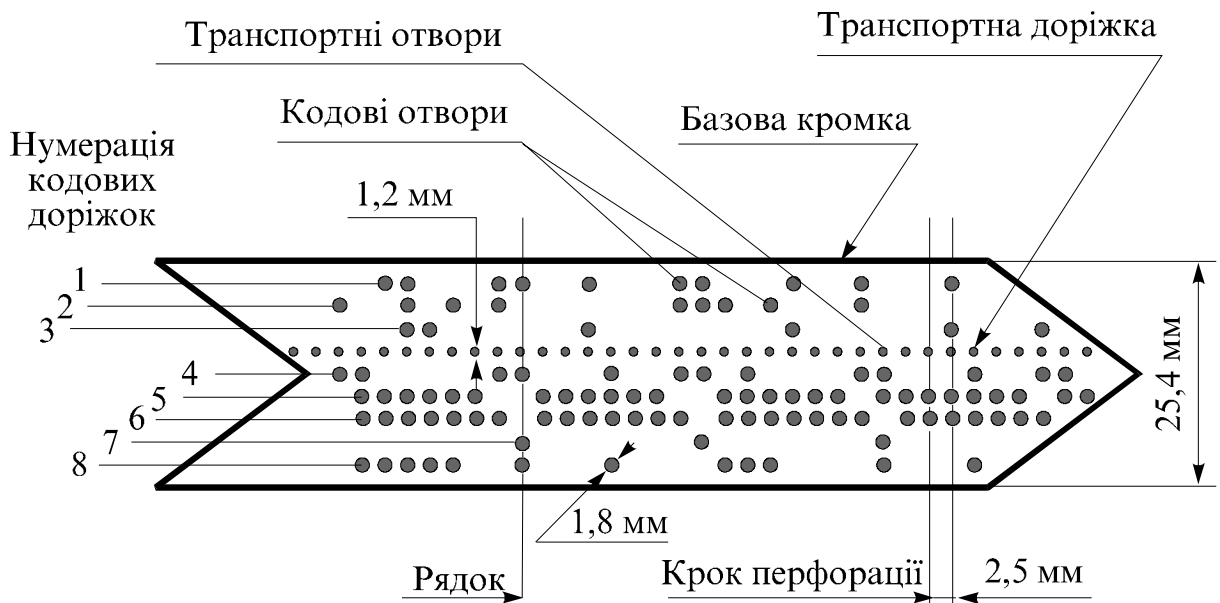


Рисунок 1.2 - Розташування отворів на перфострічці

У табл. 1.5 наведено розташування отворів на перфострічці, які утворюють кодові комбінації відповідних символів.

Таблиця 1.5 - Розташування кодових отворів. Код ISO-7bit

Кодова комбінація								Символ	Назва символу	
8	7	6	5	4	с	3	2			1
					•				NUL	Пропускання рядка
•				•	•				BS	Повернення на крок
				•	•			•	HT	Табуляція
				•	•		•		LF	Кінець кадру
•				•	•	•		•	CR	Повернення каретки
•			•	•	•			•		Кінець носія
•		•			•				SP	Зсув каретки
•		•			•	•		•	%	Початок програми

Продовження таблиці 1.5

Кодова комбінація									Символ	Назва символу
8	7	6	5	4	с	3	2	1		
		•		•	•				(	Кругла дужка ліва
•		•		•	•			•	)	Кругла дужка права
		•		•	•		•	•	+	Плюс
		•		•	•	•		•	-	Мінус
•		•		•	•	•	•	•	/	Пропуск кадру
		•	•		•				0	Ц
•		•	•		•			•	1	
•		•	•		•		•		2	и
		•	•		•		•	•	3	
•		•	•		•	•			4	ф
		•	•		•	•		•	5	
		•	•		•	•	•		6	р
•		•	•		•	•	•	•	7	
•		•	•	•	•				8	и
		•	•	•	•			•	9	
		•	•	•	•		•		:	Двокрапка
	•				•			•	A	A
	•				•		•		B	д
•	•				•		•	•	C	р
	•				•	•			D	е
					•					с
						•				и



***Підготовка УП відбувається в такій послідовності:***

- 1) проектування маршрутної технології обробки у вигляді послідовних операцій з вибором різальних допоміжних інструментів та пристроїв;
- 2) розробка операційної технології з розрахунком режимів різання та побудовою траєкторії руху різальних інструментів;
- 3) визначення координат опорних точок для траєкторій руху різальних інструментів;
- 4) складання розрахунково-технологічної карти та карти наладки верстата;
- 5) кодування інформації з ручним записом у вигляді тексту або таблиці;
- 6) нанесення інформації на програмоносій або набір на пульті пристрою ЧПУ;
- 7) контроль та виправлення програми.

***Для програмування необхідно мати:***

- креслення деталі;
- інструкцію з експлуатації верстата;
- інструкцію з програмування;
- каталог різальних інструментів;
- нормативи режимів різання.


### **1.3 Програмування УП для верстата моделі 16K20T1 з системою ЧПУ «Електроніка НЦ-31»**

Пристрій ЧПУ «Електроніка НЦ-31» забезпечує введення та редагування управляючої програми за допомогою клавіатури пульта, а також здатність передачі програми в касету зовнішньої пам'яті та з неї. Система ЧПУ «Електроніка НЦ-31» належить до типу CNC і містить у собі як традиційні функції оперативної системи, так і функції введення та корекції програми обробки, управління верстатом, розрахунку управляючої програми за мінімальним обсягом вхідних даних безпосередньо на робочому місці. Ця система має широкі технологічні здатності щодо завдання та корекції програми в режимі діалогу оператора з пристроєм ЧПУ. Використовується при обробці деталей різноманітної конфігурації (деталі ступінчастої форми з низкою додаткових геометричних елементів, розташованих вздовж контуру, наприклад конуса, різьби, канавки, галтелі та ін.) в умовах дрібносерійного та одиничного виробництва. Система ЧПУ «Електроніка НЦ-31», що вмонтована у верстат 16K20T1, дозволяє зберігати протягом декількох діб з вимкненим обладнанням до чотирьох управляючих програм формату до 250 кадрів, а в касету зовнішньої пам'яті можна записати до восьми управляючих програм того ж формату. У кожному кадрі програмується тільки одне слово, яке складається з буквені адреси та числового значення. Дискретність завдання розмірів є 0,01 мм.

Значення подачі програмується за адресою F від F1 до F280, що відповідає значенню подачі від 0,01 до 2,8 мм/об. На верстаті моделі 16K20T1 встановлений шестипозиційний автоматичний поворотний різцеутримувач, який забезпечує встановлення за командами від T1 до T6 у робочу позицію одного з шести інструментів, розташованих у ньому.


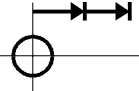
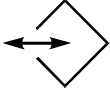
Встановлення необхідної частоти обертів шпинделя відбувається за рахунок автоматичної коробки швидкостей, яка має дев'ять ступеневих положень, що вмикаються за командами S1...S9 від СЧПУ та рукоятки перебору на передній шпиндельній бабці, яка має три положення, що перемикаються оператором. Частоти обертів шпинделя, які використовуються на верстаті моделі 16K20T1, зазначені у табл. 1.6.

Таблиця 1.6 - Частота обертів шпинделя, об/хв

Положення рукоятки на передній шпиндельній бабці	Команди контролю	Команди від СЧПУ «Електроніка НЦ-31»								
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
	M38	12,5	18	25	35,5	50	71	100	140	200
	M39	50	71	100	140	200	280	400	560	800
	M40	125	180	250	355	500	710	1000	1400	2000

При програмуванні УП використовуються адреси та спеціальні знаки, що наведені у табл. 1.7.

Таблиця 1.7 - Адреси та спеціальні знаки

Символ	Значення
M	Допоміжна функція (табл. 1.8)
N	Номер кадру
P	Параметри верстата та технологічних функцій
G	Технологічні функції (табл. 1.9)
S	Команда на швидкість шпинделя
T	Команда на зміну інструмента
F	Подача
X	Напрямок руху поперек
Z	Напрямок руху вздовж
	Знак швидкого переміщення
	Знак завдання відносної системи відліку
*	Знак об'єднання кадрів
+45°	Знак завдання ознаки зняття фаски під кутом +45°
-45°	Знак завдання ознаки зняття фаски під кутом -45°
-	Мінус
	Кінець кадру



Таблиця 1.8 - Значення допоміжних функцій

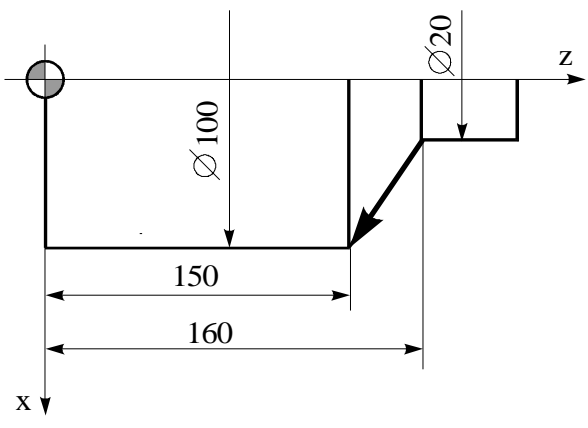


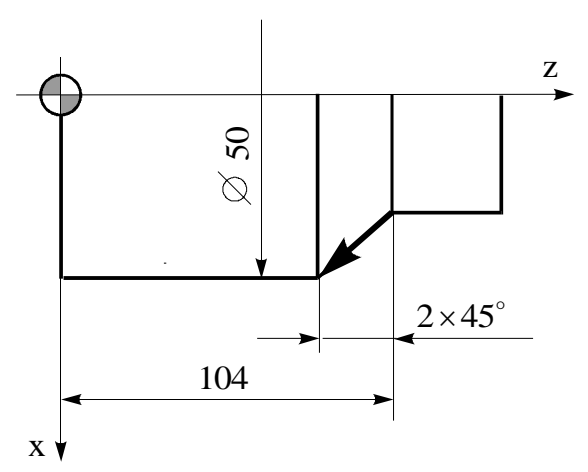


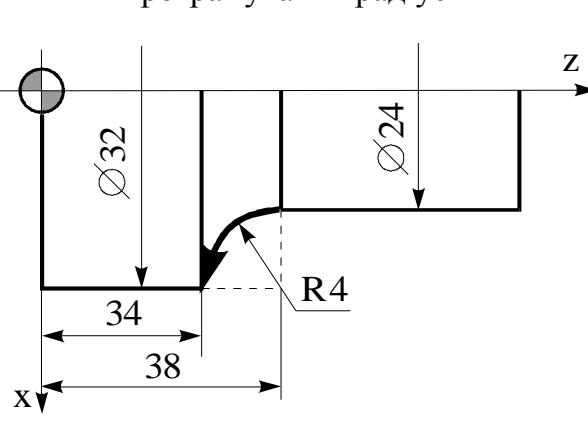



Функція	Значення
M0	Зупинник управляючої програми обробки
M3	Праві оберти шпинделя
M4	Ліві оберти шпинделя
M5	Зупинник шпинделя
M8	Вмикання охолодження
M9	Вимикання охолодження
M30	Кінець управляючої програми обробки
M38	Нижній ступінь швидкостей шпинделя
M39	Середній ступінь швидкостей шпинделя
M40	Верхній ступінь швидкостей шпинделя

Таблиця 1.9 - Значення технологічних функцій

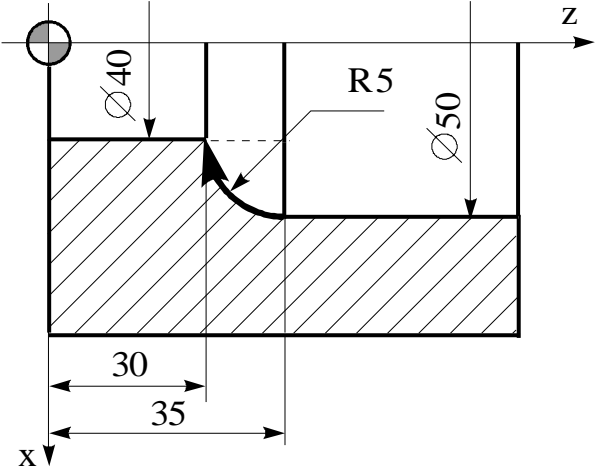



Функція	Значення
G2	Обробка дуги, меншої ніж $90^\circ$ , за годинниковою стрілкою
G3	Обробка дуги, меншої ніж $90^\circ$ , проти годинникової стрілки
G4	Витримка часу
G12	Обробка однієї чверті кола за годинниковою стрілкою
G13	Обробка однієї чверті кола проти годинникової стрілки
G25	Звертання до підпрограми обробки
G31	} Група циклів різьбонарізання
G32	
G33	
G55	Запланований програмний зупинник
G70	} Група однопрохідних циклів
G71	
G73	Цикл глибокого свердління
G74	Цикл обробки торцевої проточки
G75	Цикл обробки прямих зовнішніх канавок
G77	Багатопохідний цикл зняття припуску вздовж (паралельно осі Z)
G78	Багатопохідний цикл зняття припуску поперек (паралельно осі X)
G92	Автоматичне зміщення нульової точки

Розглянемо декілька прикладів фрагментів управляючих програм для обробки типових поверхонь деталей (табл. 1.10).

Таблиця 1.10 - Приклади фрагментів УП




Рисунок поверхні	Фрагмент програми
<p style="text-align: center;">Програмування конуса</p> 	<p>N100 X2000  N101 Z16000  N102 X10000 *  N103 Z15000  або  N102 X8000  *  N103 Z-1000 </p>
<p style="text-align: center;">Програмування фасок під кутом 45°</p> 	<p>N98 X4600  N99 Z10400  N100 X5000 - 45°  або  N100 Z10200 + 45°  або  N100 X400 - 45°  *  або  N100 Z-200 + 45° </p>
<p style="text-align: center;">Програмування радіусів</p> 	<p>N100 G13 *  N101 X3200 *  N102 Z3400  або  N100 G13  *  N101 X800  *  N102 Z-400 </p>

Продовження таблиці 1.10







Рисунок поверхні	Фрагмент програми
	<p>N100 G12 *                      N101 X4000 *                      N102 Z3000</p> <p>або</p> <p>N100 G12  *                      N101 X-1000  *                      N102 Z-500 </p>

У пам'яті сучасних СЧПУ постійно зберігається низка типових технологічних циклів, що значно спрощують підготовку УП. Ці цикли мають код G. Усі G-цикли вводяться в режимі «Діалог», що дозволяє автоматизувати цей процес та зменшити кількість помилок. Ознака \* вводиться автоматично. G-цикл складається з послідовності кадрів: перший кадр – заголовок циклу – містить буквену адресу G та номер циклу; наступні кадри характеризують формат циклу. Окрім розглянутих циклів G12 та G13 в СЧПУ «Електроніка НЦ-31» реалізуються G-цикли, наведені у табл. 1.11.

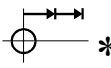
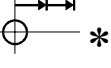
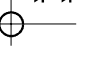
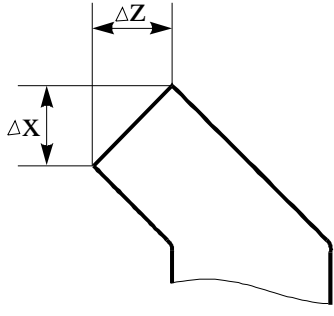
Таблиця 1.11 - Формат та значення G-циклів

Формат циклу	Значення змісту G-циклу
<p>Програмування радіусних поверхонь вздовж дуги, меншої за 90°</p> <p>G3(G2) * </p> <p>X...(X... )*</p> <p>Z...(Z... )*</p> <p>R... *</p>	<p>Обхід дуги проти годинникової стрілки (Обхід дуги за годинниковою стрілкою)</p> <p>Координати кінцевої точки дуги (прирошення координат)</p> <p>Відстань від першої точки дуги до її центра паралельно осі X</p>

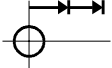
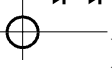
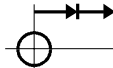
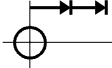
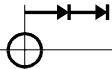
Продовження таблиці 1.11

Формат циклу	Значення змісту G-циклу
R...	Відстань від першої точки дуги до її центра паралельно осі Z Якщо перша точка дуги знаходиться в мінусі відносно центра, то відповідне значення параметра «R» треба програмувати з «-»
<p>Програмування циклу зняття припуску вздовж</p> <p>~~~~~G77*</p> <p>X...*</p> <p>Z...*</p> <p>R...*</p> <p>R...</p> <p>або</p> <p>G77  *</p> <p>X...  *</p> <p>Z...  *</p> <p>R...*</p> <p>R...</p>	<p>Кінцевий діаметр</p> <p>Координата Z кінцевої точки проходу на кінцевому діаметрі</p> <p>Глибина різання за один прохід</p> <p>Довжина скосу припуску вздовж координати Z</p> <p>Повний припуск</p> <p>Довжина, на якій знімається припуск, мінімальна на кінцевому діаметрі</p> <p>Глибина різання за один прохід</p> <p>Довжина скосу припуску вздовж координати Z</p>
<p>Програмування циклу зняття припуску поперек</p> <p>G78*</p>	
<p>X...*</p> <p>Z...*</p> <p>R...*</p> <p>R...</p> <p>або</p> <p>G78  *</p> <p>X...  *</p> <p>Z...  *</p> <p>R...*</p> <p>R...</p>	<p>Діаметр, що обмежує довжину проходу</p> <p>Координата торця з урахуванням зняття припуску</p> <p>Припуск на прохід</p> <p>Перепад діаметра, що обмежує довжину проходу</p> <p>Довжина проходу</p> <p>Повний припуск</p> <p>Припуск на прохід</p> <p>Перепад діаметра, що обмежує довжину проходу</p>




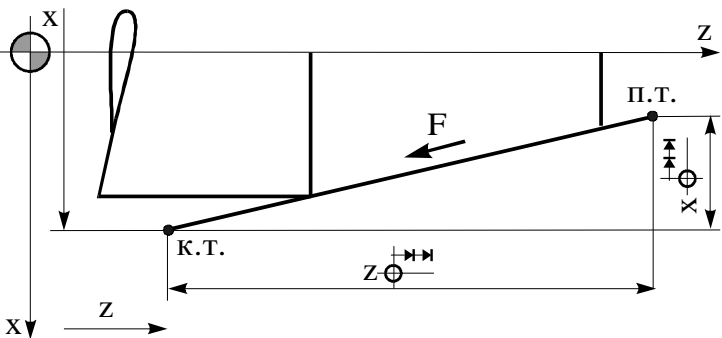



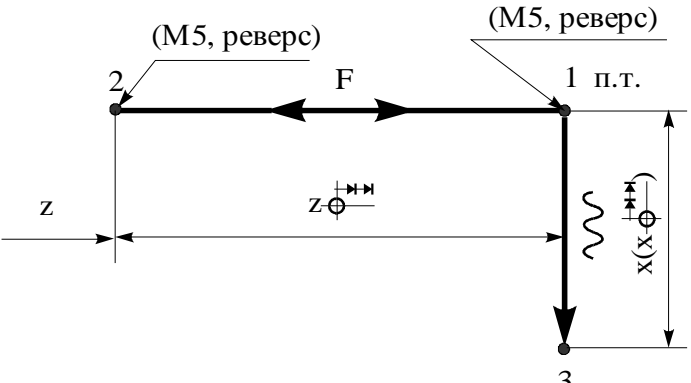
Продовження таблиці 1.11

Формат циклу	Значення змісту G-циклу
Команда витримки часу G4 P...	Витримка часу в 0,01 с
Команда на зміну послідовності виконання кадрів УП Наприклад, N100 P150	З кадру N100 перейти на виконання кадру N150
Команда визову підпрограми Наприклад, N100 G25 N101 P052080 N102P4	Повторити програму з кадру N52 до кадру N80 Повторити 4 рази
Зміщення нульової точки та корекція положення інструмента G92 * X... * Z... або G92  * X...  * Z... 	} Нові координати точки Δx Δz  Команда діє тільки на попередньо заданий інструмент і відміняється при зміні інструмента



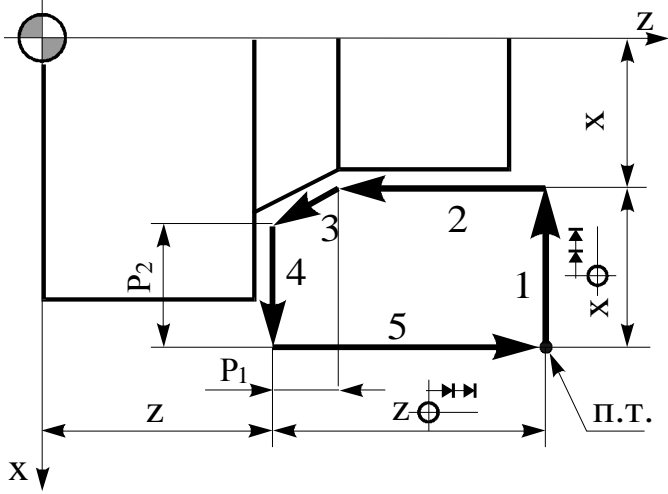




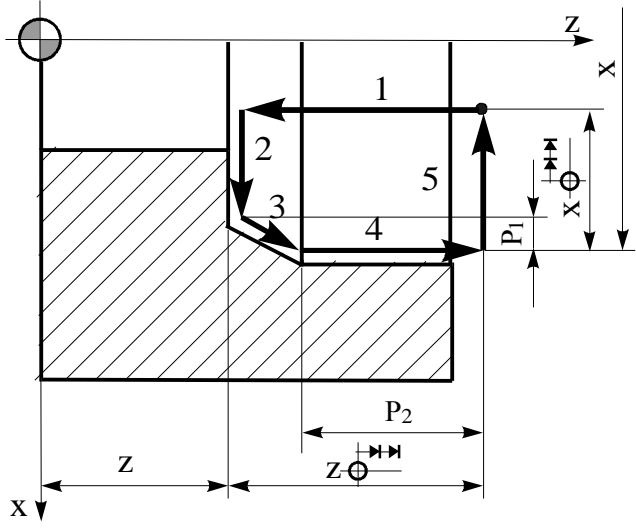
Продовження таблиці 1.11

Формат циклу	Значення змісту G-циклу
<p>Програмування циклу глибокого свердління</p> <p>G73 *</p> <p>X...(X...  ) *</p> <p>Z...(Z...  ) *</p> <p>R...</p> <p>Умова: <math>P \leq Z</math>   <math>P \neq 0</math>  X можна не програмувати</p>	<p>Координата (зміщення) інструмента після виконання циклу</p> <p>Координата кінцевої точки отвору (глибина отвору)</p> <p>Глибина свердління за один прохід</p>
<p>Програмування багатопрохідного циклу різьбонарізання</p> <p>G31 *</p> <p>X...(X...  ) *</p> <p>Z...(Z...  ) *</p> <p>F... *</p> <p>R... *</p> <p>R... *</p> <p>R...</p>	<p>Зовнішній діаметр різьби (зміщення до зовнішнього діаметра з початково-кінцевої точки циклу)</p> <p>Координата кінцевої точки різьби (довжина різьби)</p> <p>Крок різьби в 0,0001 мм. Діапазон різьб, що нарізають 0,0001...99,99 мм</p> <p>Глибина різьби (додатна, на радіус)</p> <p>Глибина різання на першому проході (додатна, на радіус)</p> <p>Конусність різьби (додатна, на діаметр)  Початкова точка циклу повинна знаходитись на відстані 8...10 мм від деталі по осі X та на відстані 2...3 кроки різьби по осі Z</p>

Продовження таблиці 1.11



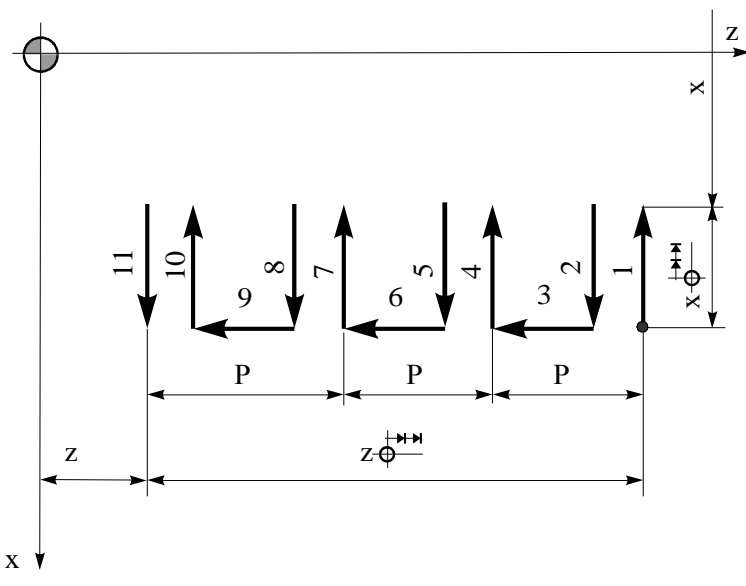

Формат циклу	Значення змісту G-циклу
<p>Програмування однопрохідного циклу різьбонарізання</p>  <p>G32 *</p> <p>X...(X...  ) *</p> <p>Z...(Z...  ) *</p> <p>F...</p>	<p>Координата кінцевої точки (зміщення кінцевої точки відносно початкового положення по осі X)</p> <p>Координата кінцевої точки (зміщення кінцевої точки відносно початкового положення по осі Z)</p> <p>Крок різьби в 0,0001 мм</p>
	
<p>Нарізання різьби плашкою або мітчиком</p>  <p>G33 *</p> <p>X...(X...  ) *</p> <p>Z...(Z...  ) *</p> <p>F...</p>	<p>Координата (зміщення) інструмента після виконання циклу</p> <p>Координата кінцевої точки різьби (глибина різьби)</p> <p>Крок різьби в 0,0001 мм</p> 

Продовження таблиці 1.11

Формат циклу	Значення змісту G-циклу
<p>Програмування однопроріжних циклів</p> <p>~~~~~G70*</p> <p>X...(X...)*</p> <p>Z...(Z...)*</p> <p>P<sub>1</sub>...*</p> <p>P<sub>2</sub>...</p>	 <p>Умова: <math>P_1 \leq Z</math> </p> <p><math>P_2 \leq X</math> </p> <p>P<sub>1</sub> та P<sub>2</sub> можуть дорівнювати нулю</p> <p>1. F (~~~~~)      4. F                  2. F                      5. ~~~~~                  3. F</p>
<p>~~~~~G71*</p> <p>X...(X...)*</p> <p>Z...(Z...)*</p> <p>P<sub>1</sub>...*</p> <p>P<sub>2</sub>...</p>	



Продовження таблиці 1.11

Формат циклу	Значення змісту G-циклу
<p>Програмування циклу обробки прямих зовнішніх канавок</p> <p>~~~~~G75*</p> <p>X...(X...)*</p> <p>Z...(Z...)*</p> <p>P...</p>	 <p>Умова: <math>P \leq Z</math> </p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. F</li> <li>2. ~~~~~</li> <li>3. F(~~~~~)</li> <li>4. F</li> <li>5. ~~~~~</li> <li>6. F(~~~~~)</li> <li>7. F</li> <li>8. ~~~~~</li> <li>9. F(~~~~~)</li> <li>10. F</li> <li>11. ~~~~~</li> </ol>

У табл. 1.12 наведено приклад управляючої програми для обробки деталі, зображеної на рис. 1.3, на верстаті моделі 16K20T1 з СЧПУ «Електроніка НЦ-31».

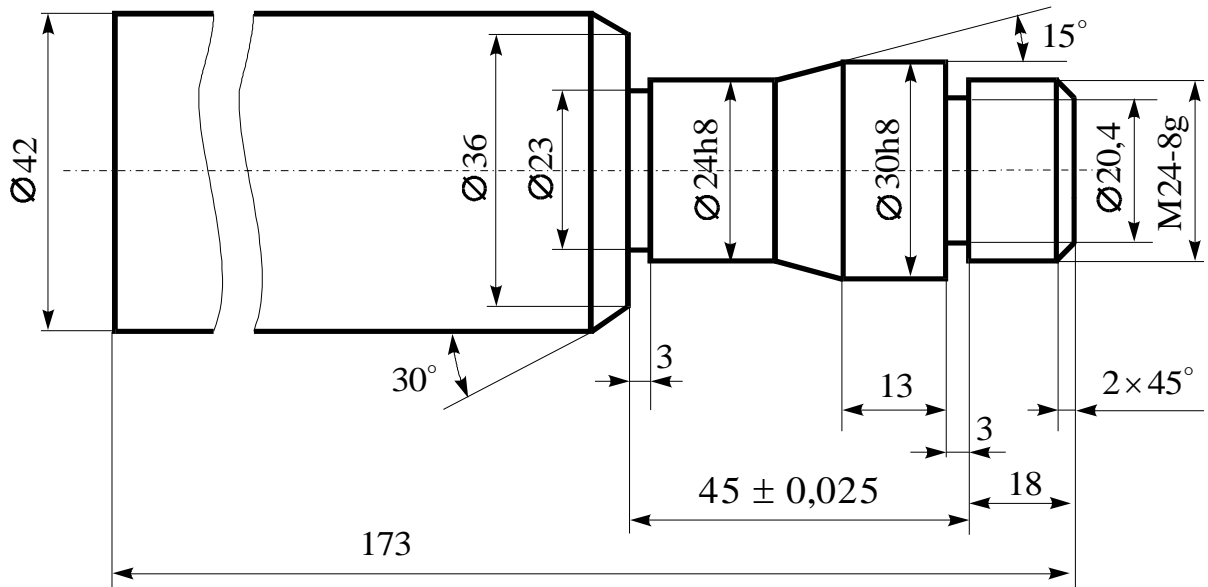



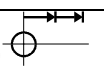
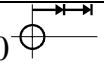
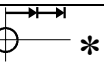
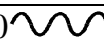
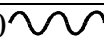


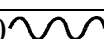

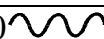



Рисунок 1.3 - Креслення деталі

Таблиця 1.12 - Приклад управляючої програми

№ кадру	Команда	Елементи управляючої програми
0	M39	Вибір діапазону швидкостей
1	M3	Вмикання обертання шпинделя
2	S5	Встановлення $n = 500$ об/хв
3	F35	Встановлення подачі $S = 0,35$ мм/об
4	T1	Встановлення різця 1, прохідного контурного
5	Z17400 	Вихід по осі Z у початкову точку циклу
6	X4200 	Вихід по осі X у початкову точку циклу
7	G77	Багатопрхідний цикл точіння вздовж
8	X3100	Координата по осі X останнього робочого ходу
9	Z-6370	Довжина кожного робочого ходу циклу
10	P300	Глибина робочого ходу
11	X2500 	Вихід по осі X
12	Z-1870 	Проточити Ø25 на довжину 18 мм згідно з кресленням
13	X3200	Вихід по осі X
14	Z-1300 	Вихід по осі Z на попередню обточку конуса
15	Z-1120  *	Обточка конуса попередньо з урахуванням похибки на радіус інструмента $R = 1$ мм
16	X2500	

Продовження таблиці 1.12

№ кадру	Команда	Елементи управляючої програми
17	Z11030	Обточити $\varnothing 24$ до $\varnothing 25$ попередньо на довжину 62, 8 мм
18	X4500 	Відхід по осі X
19	Z17400 	Відхід по осі Z
20	X2000 	Вихід на фаску по осі X
21	S7	Встановлення $n = 1000$ об/хв
22	F25	Встановлення подачі $S = 0,25$ мм/об
23	Z-100 	Підхід до торця деталі на робочій подачі
24	X2360 - 45°	Зняти фаску $2 \times 45^\circ$
25	Z15500	Проточити $\varnothing 23,60$ остаточно на довжину 18 мм
26	X2998	Вихід на розмір по осі X
27	Z-1300 	Проточити $\varnothing 30h8$ остаточно
28	X2398 *	Проточити конус остаточно
29	Z-1120 	
30	Z11000	Проточити $\varnothing 24h8$ остаточно на довжину 63 мм
31	X3600	Вихід на розмір по осі X
32	Z-520 	Зняти фаску $30^\circ$ на $\varnothing 42$
33	X4200	
34	X10000 	Вихід по осі X у точку зміни інструмента
35	Z25000 	Вихід по осі Z у точку зміни інструмента
36	F15	Встановлення подачі $S = 0,15$ мм/об
37	T2	Встановлення різця 2 канавкового
38	Z15500 	Вихід по осі Z на прорізання канавки 1
39	X3100 	Підхід по осі X
40	S5	Встановлення $n = 500$ об/хв
41	X2030	Прорізання канавки $\varnothing 20,4 \times 3$
42	X3800 	Відхід по осі X
43	Z11000 	Вихід по осі Z на прорізання канавки 2
44	X2290	Прорізання канавки $\varnothing 23 \times 3$
45	X10000 	Вихід по осі X у точку зміни інструмента
46	Z25000 	Вихід по осі Z у точку зміни інструмента
47	T3	Встановлення різця 3 для різьбонарізання
48	S6	Встановлення $n = 710$ об/хв
49	Z18300 	Вихід у початкову точку по осі Z

Продовження таблиці 1.12

№ кадру	Команда	Елементи управляючої програми
50	X2700 	Вихід по осі X в початкову точку циклу
51	G31	Функція циклу різьбонарізання
52	X2400	Зовнішній діаметр різьби
53	Z15700	Координата Z кінцевої точки різьби
54	F15000	Крок різьби 1,5 мм
55	P96	Глибина різьби
56	P30	Глибина першого робочого ходу
57	X10000 	Вихід по осі X у точку зміни інструмента
58	Z25000 	Вихід по осі Z у точку зміни інструмента
59	M30	Кінець програми

#### 1.4 Програмування УП для верстата моделі 16К20Ф3С32 з системою ЧПУ «2Р22»

Пристрій ЧПУ «2Р22» забезпечує можливість введення до пам'яті програми на обробку деталі з пульту управління або з програмоносія. Як програмоносій використовується магнітна стрічка (звичайна магнітофонна касета, наприклад, МК-60). У деяких випадках як програмоносій може використовуватися 8-доріжкова паперова стрічка завширшки 25,4 мм. Система ЧПУ «2Р22» належить до типу CNC, має в своєму складі мікро-ЕОМ «Електроніка МС 1201.02» або мікро-ЕОМ «Електроніка 60М». Програмне забезпечення для верстата 16К20Ф3С32 з ПЧПУ типу «2Р22» призначене для обслуговування зовнішніх пристроїв введення-виводу, редагування управляючої програми з пульту управління, пошуку потрібного кадру, набору управляючої програми та її відпрацювання, розрахунку циклів обробки, видачі управляючого впливу на технологічне обладнання. У програмному забезпеченні передбачена діагностика основних блоків з вмикання пристрою, індикація показань датчиків та обмінних входних та вихідних сигналів електроавтоматики верстата. Програма складається з декількох кадрів. На початку програми стоїть номер кадру N001. Кожний кадр складається зі змінної кількості слів,

причому будь-яке слово може бути відсутнім, окрім кінця кадру «ПС». Кожне слово складається з букви, яка має назву «адреса», та наступної за нею групи цифр; нулі у старших розрядах можна не писати. Швидкий хід програмується адресою E без числової інформації. При цьому встановлюється швидкість переміщення супорта вздовж осі Z 7500 мм/хв, а вздовж осі X – 5000 мм/хв. Порядок програмування слів у кадрі є довільним. В одному кадрі забороняється програмувати два слова однієї адреси. Час витримки програмується під адресою D з точністю до 0,001 с з програмуванням десятинної крапки. Час витримки програмується окремим кадром. Значення переміщень можна програмувати в абсолютних або відносних координатах з точністю до 0,001 мм з програмуванням десятинної крапки, якщо програма вводиться з пульта управління пристрою. Дискретність завдання для програми, що набирається на перфострічці, – 0,001 мм. Значення подачі робочого органа програмується за адресою F від 0,01 мм/об до 2,8 мм/об. У циклі різьбонарізання за адресою F програмується крок різьби, який можна програмувати від 0,01 мм до 40,95 мм. Подача діє на обидві осі одночасно. Кількість обертів шпинделя програмується за адресою S. Це слово має формат S1-4, тобто:

**SX ± XXXX**

№ діапазону	Частота обертів шпинделя, об/хв
1	22,4 – 355
2	63 – 900
3	160 – 2240

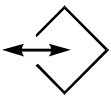
«+» - обертання шпинделя проти годинникової стрілки (програмується автоматично);

« - » - обертання шпинделя за годинниковою стрілкою.

У пристрої ЧПУ передбачено управління приводом головного руху, який регулюється.

Значення символів адрес наведені в табл. 1.13.

Таблиця 1.13 - Значення символів адрес

Символ	Значення
A	Припуск під числову обробку
B	З якого кадру повторення
C	Фаска під кутом 45°
D	Витримка часу
E	Функція подачі (швидкий хід)
F	Функція подачі (робоча подача)
H	Кількість повторень
L	Цикл (табл. 1.16)
M	Допоміжна функція (табл. 1.14)
N	Номер кадру
P	Глибина різання, ширина різця
Q	Галтель
R	Дуга
G	Підготовча функція (табл. 1.15)
S	Швидкість головного руху
T	Функція інструмента (номер позиції інструмента)
U	Переміщення вздовж осі X у приращеннях
W	Переміщення вздовж осі Z у приращеннях
X	Переміщення вздовж осі X в абсолютних значеннях
Z	Переміщення вздовж осі Z в абсолютних значеннях
	Кінець кадру (ПС)

Технологічні команди групи M, які використовуються при програмуванні, наведені у табл. 1.14.

Таблиця 1.14 - Значення технологічних команд

Технологічна команда	Функція технологічної команди
M00	Програмований зупинник
M01	Зупинник з підтвердженням
M02	Кінець програми
M08	Вмикання охолодження
M09	Вимикання охолодження
M17	Кінець опису деталі для циклів L8, L9, L10
M18	Кінець частини програми, яка буде повторюватися в циклі L11
M20	Передача управління роботу

Значення підготовчих функцій наведені у табл. 1.15.

Таблиця 1.15 - Значення підготовчих функцій

Підготовча функція	Значення
G05	Використовується в тих кадрах програми, після обробки яких гальмування в кінці кадру виконувати не бажано (при стиканні контурів). Якщо в галтелі не треба робити гальмування в кінці кадру, то її потрібно програмувати в кадрі через радіус R
G10	Програмується окремим кадром перед кадрами, де необхідно підтримувати постійну швидкість різання залежно від діаметра обробки
G11	Відміна функції G10. Програмується окремим кадром

Постійні цикли програмуються за адресою L. Перелік постійних циклів, що реалізовані в пристрої, наведені в табл. 1.16.

Таблиця 1.16 - Постійні цикли

Постійний цикл	Функція, яку виконує пристрій
L01	Цикл нарізання різьби зовнішньої, внутрішньої, циліндричної, конічної, багатопрохідної, однопрохідної
L02	Цикл прорізання прямокутних канавок
L03	Цикл «петля» при зовнішній обробці
L04	Цикл «петля» при внутрішній обробці
L05	Цикл «петля» при торцевій обробці
L06	Цикл глибокого свердління
L07	Цикл нарізання різьби мітчиком або плашкою
L08	Цикл чорнової обробки з припуском або без припуску
L09	Цикл обробки поковок
L10	Цикл чистової обробки
L11	Цикл повторень частини програми

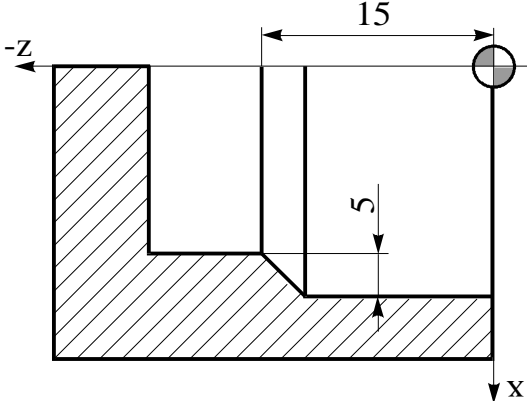
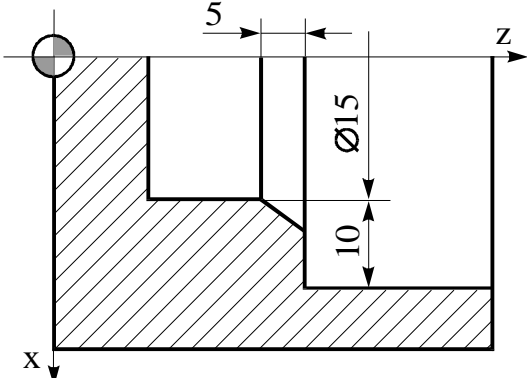
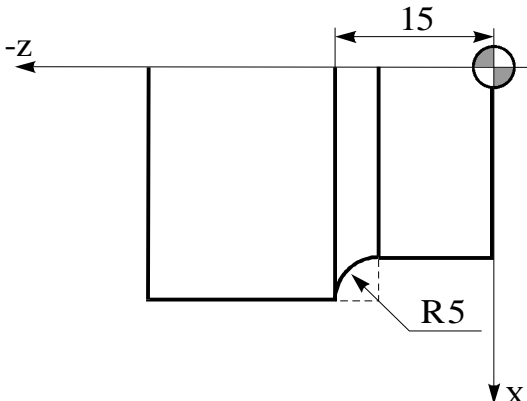
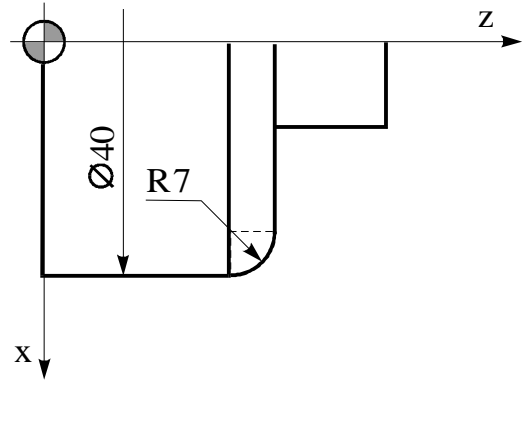
Приклади програмування фасок, галтелей, дуг наведені в табл. 1.17.

Таблиця 1.17 - Приклади програмування фасок, галтелей, дуг

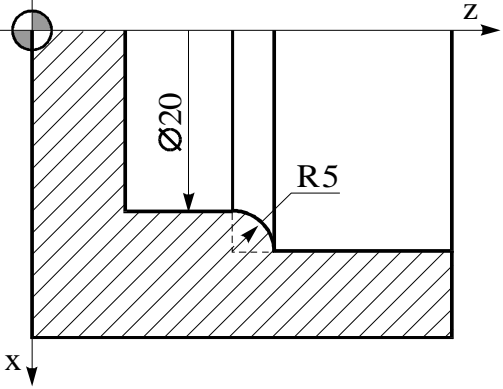
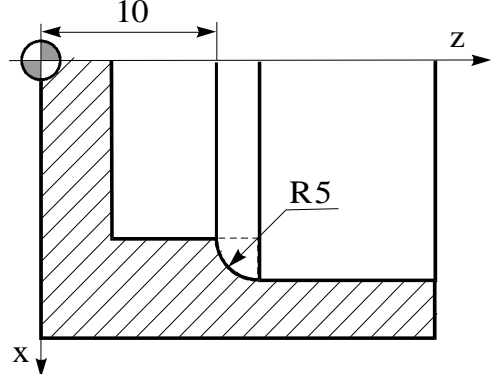
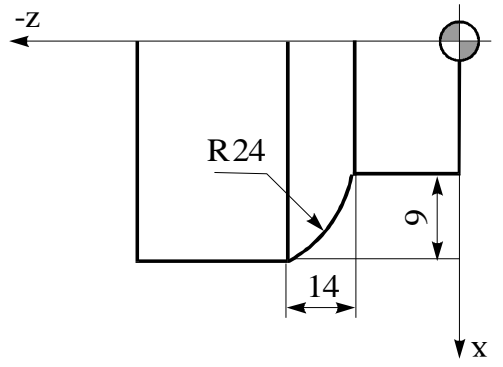
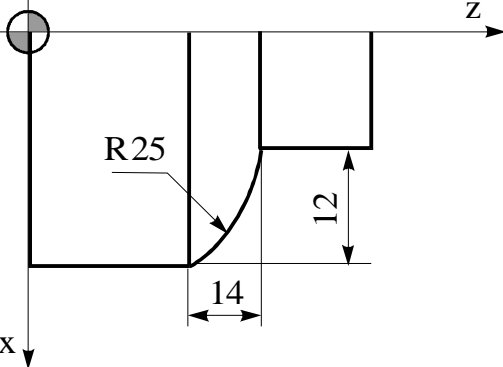
Рисунок поверхні	Фрагмент кадру	Пояснення
	U20C5 або X30C5	Фаска під кутом 45° програмується адресою C зі знаком та кінцевим розміром за тою координатою, за якою здійснюється обробка деталі перед фаскою
	Z-15C5 або W-15C5	Знак під адресою C повинен збігатися зі знаком обробки за координатою X. Напрямок за координатою Z програмується тільки у від'ємному напрямку



Продовження таблиці 1.17

Рисунок поверхні	Фрагмент кадру	Пояснення
	<p>Z-15C-5 або W-15C-5</p>	
	<p>U-20C-5 або X15C-5</p>	
	<p>Z-15Q5</p>	<p>Галтель програмується адресою Q зі знаком та кінцевим розміром за тою координатою, за якою проводиться обробка деталі перед галтеллю.</p>
	<p>X40Q7</p>	<p>Знак під адресою Q повинен збігатися зі знаком обробки за координатою X. Напрямок за координатою Z програмується тільки у від'ємному напрямку</p>

Продовження таблиці 1.17

Рисунок поверхні	Фрагмент кадру	Пояснення
	X20Q-5	
	Z10Q-5	
	U18W-14R24	Для програмування дуги зазначаються координати кінцевої точки дуги та радіус з адресою R зі знаком. Знак є додатним при обробці за годинниковою стрілкою, від'ємним – проти годинникової стрілки
	U-24W14R-25	



Таблиця 1.18 - Параметри постійних циклів

Номер циклу	Назва циклу в режимі «Діалог»	Зміст циклу	Параметр в режимі «Діалог»	Примітка
L01	РЕЗЬБА	Цикл нарізання циліндричних та конічних різьб з автоматичним розділенням на проходи	F-ШАГ	Крок різьби у міліметрах
			W-ДЛИНА	Довжина різьби
			X-ДИАМЕТР	Внутрішній діаметр різьби
			A-НАКЛОН	Наклон різьби (розмір дорівнює приращенню діаметрів) для конічних різьб. Для циліндричних різьб $A = 0$
			R-ГЛУБИНА РЕЗАННЯ	Максимальна глибина різання за один прохід (розмір по радіусу)
			C-СБЕГ	$C = 1$ , збіг дорівнює кроку різьби. $C = 0$ , збіг відсутній
L02	КАНАВКА	Цикл прорізання канавки з автоматичним розділенням на проходи	D-ВИДЕРЖКА	Витримка часу в сек.
			X-ДИАМЕТР	Внутрішній діаметр канавки
			A-ШИРИНА	Ширина канавки
			R-ШИРИНА РЕЗЦА	Ширина різця
L03	Н ПЕТЛЯ	Цикл зовнішньої обробки по координаті Z з автоматичним відскоком та поверненням на швидкому ході у початкову точку	W-ДЛИНА	Довжина петлі
L04	В ПЕТЛЯ	Цикл внутрішньої обробки по координаті Z з автоматичним відскоком та поверненням на швидкому ході у початкову точку	W-ДЛИНА	Довжина петлі

Продовження таблиці 1.18

Номер циклу	Назва циклу в режимі «Діалог»	Зміст циклу	Параметр в режимі «Діалог»	Примітка
L05	T ПЕТЛЯ	Цикл обробки по торцю з автоматичним відскоком та поверненням на швидкому ході у початкову точку	X-ДИАМЕТР	Кінцевий діаметр торця, який підрізають
L06	СВЕРЛЕНИЕ	Цикл глибокого свердління з автоматичним розділенням на проходи	R-ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ	Максимальна глибина свердління за один прохід
			W-ДЛИНА	Глибина свердління
L07	РЕЗЬБА	Цикл нарізання різьби мітчиком або плашкою	F-ШАГ	Крок різьби у міліметрах
			W-ДЛИНА	Довжина різьби
L08	Ц ОБРАБОТКА	Цикл багатопрхідної обробки циліндричної заготовки з автоматичним розділенням на проходи	A-ПРИПУСК	Припуск під чистову обробку. Якщо обробка є останньою, то $A = 0$ (розмір у діаметрах)
			R-ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ	Максимальна глибина різання за один прохід (розмір по радіусу)
L09	П ОБРАБОТКА	Цикл багатопрхідної обробки поковок з автоматичним розділенням на проходи	A-ПРИПУСК	Припуск під чистову обробку (розмір у діаметрах). Якщо чистова обробка не передбачена, то $A = 0$
			R-ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ	Максимальна глибина різання за один прохід (розмір по радіусу)
L10	Ч ОБРАБОТКА	Цикл чистової обробки по контуру з номера кадру, який задано	B-N КАДРА	Номер кадру початку опису контуру деталі
L11	ПОВТОРЕНИЕ	Цикл повторення заданої частини програми	N-ЧИСЛО	Кількість повторень
			B-N КАДРА	Номер кадру початку повторень

Перед програмуванням циклу L01 необхідно запрограмувати початкову точку циклу. Координата X цієї точки повинна дорівнювати зовнішньому діаметру різьби. Координата Z цієї точки повинна знаходитися від координати початку різьби на відстані, що дорівнює або є удвічі більшою за крок різьби (для забезпечення розгону приводу). При багатопрохідній обробці різьби параметр P встановлюється меншим за глибину різьби, а при - є однаковим з глибиною різьби. Параметр A програмується без знака, а W – зі знаком «мінус». При багатопрохідній обробці різьби перед кожним черговим проходом різець зсувається по координаті Z з тим, щоб різання відбувалося однією кромкою різця (ріжуча кромка з кожним проходом чергується). Останній прохід різеться обома кромками. Значення зміщення розраховується на різьбу з кутом  $60^\circ$ . На останньому витку відбувається вихід різця (різьба зі збігом).

Перед програмуванням циклу L02 необхідно запрограмувати початкову точку циклу. Координата Z початкової точки повинна збігатися з координатою лівої кромки канавки. Цикл містить: переміщення на робочій подачі до координати X, витримку часу (якщо D не дорівнює 0), повернення в початкову точку на швидкому ході, зміщення по координаті Z у додатному напрямку на значення P і так далі, доки ширина канавки не досягне значення A. Для обробки канавки з перекриттям параметр P програмується меншим за ширину різця, а параметр A потрібно зменшити на цю різницю. Для однопрохідної канавки параметри P та A задають однаковими. Цикл закінчується відскоком по осі X у початкову точку, по осі Z інструмент залишається в точці останнього проходу.

Цикли L03 та L04 містять: переміщення на робочій подачі на значення W з урахуванням знака, відскок на 1 мм (напрям відскоку залежить від циклу), повернення на швидкому ході у початкову точку.

Цикл L05 містить: переміщення на робочій подачі по осі X, відскок на 1 мм по координаті Z у додатному напрямку, повернення на швидкому ході у початкову точку. Під час обробки при зміні діаметра відбувається перемикання швидкості шпинделя для підтримки сталої швидкості різання, якщо перед циклом L05 була задана функція G10.

Цикл L06 містить: переміщення на робочій подачі у від'ємному напрямку на відстань P, повернення на швидкому ході у початкову точ-

ку, переміщення на швидкому ході у точку, яка знаходиться від точки попереднього свердління на відстані 3 мм, переміщення на робочій подачі на відстань  $(P+3)$  мм і так далі – до досягнення глибини свердління, заданої величиною  $W$ .

Цикл L07 містить: переміщення на подачі, яка дорівнює  $F$ , на відстань  $W$  з урахуванням знака, реверс шпинделя, повернення у початкову точку на подачі  $F$ .

Перед програмуванням циклу L08 або L09 необхідно запрограмувати його початкову точку. Для циклу L08 такою точкою є початок заготовки (координата  $X$  дорівнює діаметру заготовки, а координата  $Z$  - координаті  $Z$  початку кінцевого контуру деталі). Для циклу L09 перед програмуванням початкової точки визначають максимальний припуск під обробку по всій деталі, як вздовж діаметра, так і вздовж довжини. Якщо припуск по довжині, помножений на чотири, є більшим за припуск по діаметру, то додають припуск по довжині, помножений на чотири, до розміру по діаметру, а припуск по довжині – до координати торця, що й буде координатою початкової точки циклу. Якщо припуск по довжині, помножений на чотири, є меншим за припуск по діаметру, то для розрахунку початкової точки беруть припуск по діаметру, а зміщення по торцю визначається діленням припуску по діаметру на чотири. Цикл L08 використовують, коли заготовка деталі має форму циліндра. У цьому випадку обробка проводиться паралельно осі  $Z$ . Значення обертів і подачу задають перед циклом з урахуванням найменшого діаметра кінцевого контуру при зовнішній обробці та найбільшого діаметра при внутрішній обробці. Цикл L09 використовують, якщо заготовка має форму, близьку до кінцевого контуру (наприклад, поковка). У цьому випадку обробка проводиться паралельно кінцевому контуру деталі. Цикли L08, L09 закінчуються у кінцевій точці опису деталі. Після введення останнього параметра циклів на останньому рядку блока висвітлення символічної інформації з'являється напис "ОПИСАНИЕ ДЕТАЛИ". Тепер необхідно зробити опис кінцевого контуру деталі. Цикли L08 та L09 можна використовувати при обробці деталей з діаметрами, що збільшуються (зовнішня обробка) або зменшуються (внутрішня обробка). Опис деталі може складатися з одного або кількох кадрів, але

повинен містити не більше, ніж 15 кадрів. При цьому кадри з фаскою або галтеллю враховуються як два кадри. Ознакою закінчення опису деталі є функція M17. Цією ж функцією закінчується опис контуру для циклу L10. Перед програмуванням циклу L10 необхідно запрограмувати початкову точку циклу, координати якої повинні збігатися з координатами початку кінцевого контуру. Опис деталі програмується у напрямку шпинделя. При обробці деталі припуск під чистову обробку по осі Z визначається автоматично шляхом ділення заданого припуску по діаметру на чотири. Частота обертів шпинделя у кінцевій точці не відновлюється. При обробці кінцевого контуру зміна частоти обертання відбувається між кадрами. У випадку, коли кінцевий контур деталі для циклу L09 починається з фаски, галтелі або конуса, необхідно програмувати на початку контуру умовний циліндричний ступінь довжиною, що дорівнює розрахованому значенню припуску по координаті Z.

Ознакою кінця частини програми, яка буде повторюватися у циклі L11, є функція M18.

Якщо під час набору числового значення параметра оператор зробив помилку, то необхідно перейти у режим індикації і знову почати діалог. Щоб відредагувати введений кадр з циклом, треба стерти увесь кадр та повторно його набрати (операція стирання фрази для кадрів з циклами не діє).

У випадку, коли на деяких моделях верстатів з ПЧПУ «2P22» як програмоносій використовується 8-доріжкова паперова стрічка завширшки 24,4 мм і програмування відбувається тільки у кодї ISO, то початком програми є символ N001, а кінець програми – це низка символів M02ПС. Формат адреси тоді випадку має вигляд:

N03. X+043. Z+043. U+043. W+043. T2. M2. S1-4.

D043. C+043. Q+043. R+043. B3. H3. L2. A13. P13. E. G2. PS

Порядок слів у кадрі у цьому випадку повинен бути таким, який зазначений у форматі кадру. Якщо слово або слова відсутні, то вони не записуються. Нулі вказують на те, що нулі у числових значеннях слів у старших розрядах можна не записувати. Наступне число у форматі слова вказує на кількість цифр, які можна записати до коми, останнє - на кількість цифр, записуваних після коми. Наприклад, фрагмент програми для введення її з клавіатури пульта має вигляд:



N001 F0,12 S2 200 T1

N002 Z0 X137 E

N003 L08 A1 P3

N004 X22 C2

N005 Z-20

N006 X52 C2

N007 Z-47,8 Q7

...

N012 W-12

N013 X136 W-11,2 R-14 M17

N014 F0,1 S2 1000 T2

N015 Z0 E

N016 X18 E

N017 L10 B4

N018 M02

Цей же фрагмент при введенні його з перфорованої паперової стрічки виглядатиме так:

N001 F120 S2 200 T1

N002 Z0 X137000 E

N003 L8 A1000 P3000

N004 X22000 C2000

N005 Z-20000

N006 X52000 C2000

N007 Z-47800 Q7000

...

N012 W-12000

N013 X136000 W-11200 R-14000 M17

N0014 F100 S2 1000 T2

N015 Z0 E  
N016 X18000 E  
N017 L10 B4  
N018 M02

У програмі, яка записана на перфострічці, допустимо використовувати символи «(» та «)». Примітки та інформація, записані у дужках, не будуть зчитуватися та відпрацьовуватися на верстаті.

Нижче наведена програма для обробки деталі (див. рис.1.3) на верстаті моделі 16K20Ф3С32 з ПЧПУ «2Р22» з програмоносієм на магнітній стрічці.

N001 T1 S3 500 F0,35  
N002 Z5E  
N003 X42E  
N004 L8 A0 P2,5  
N005 X24,8  
N006 Z-17,8  
N007 X31  
N008 Z-62,7  
N009 X37  
N010 X42 W-5,2 M17  
N011 Z-27,53 E  
N012 X33E  
N013 X25 W-14,93  
N014 Z-62,7  
N015 X45  
N016 Z2E  
N017 S3 1000 F0,25  
N018 X18,8E  
N019 Z0

N020 X23,8 C2,6  
N021 Z-17,8  
N022 X29,98  
N023 W-13  
N024 X23,98 W-11,2  
N025 Z-62,8  
N026 X36  
N027 X44 W-6,93  
N028 T2 S3 500 F0,15  
N029 Z-18E  
N030 X33E  
N031 L2 D1 X20,3 A3 P3  
N032 X42E  
N033 Z-63E  
N034 L2 D1 X22,4 A3 P3  
N035 T3 S3 1000  
N036 Z10E  
N037 X24E  
N038 L1 F1,5 W-26 X22,08 A0 P0,3  
N039 M02

## 1.5 Програмування УП для верстата моделі ТПК-125ВН2 з системою ЧПУ «Н22-1МТ1»

У пристрої ЧПУ «Н22-1МТ1» програма визначає координати опорних точок кривої, вздовж якої рухається робочий орган верстата; пристрій апроксимує відрізки між опорними точками методом лінійної або кругової інтерполяції та видає управляючі сигнали на привод. Крім інформації про геометричне переміщення, у програмі зазначають швидкість обробки та технологічні команди, які управляють автоматикою верстата, а також відомості про режим роботи пристрою. Програміст-технолог визначає відстань, напрямок руху, швидкість подачі та технологічні команди щодо креслення деталі та технології обробки. Уся інформація поділяється на кадри й у відповідних символах заноситься на 8-доріжкову паперову перфострічку завширшки 25,4 мм марок В, Б або А. Код програмування – 7-бітовий, згідно рекомендаціям ISO. У табл. 1.19 наведені символи, що використовуються при програмуванні УП для верстата моделі ТПК-125ВН2 з ПЧПУ «Н22-1МТ1».

Таблиця 1.19 - Символи програмування

Символ	Кількість рядків слова без адреси	Назва слів (команд)	Наявність адреси у кадрі
F	5	Швидкість подачі, мм/хв	Введення при зміні подачі
G	2	Підготовча функція, яка визначає режим роботи ПЧПУ	Введення при зміні умов режиму
I	7,6,5	Координата початкової точки дуги по осі X відносно центра	При круговій інтерполяції
K	7,6,5	Координата початкової точки дуги по осі Z відносно центра	При круговій інтерполяції

Продовження таблиці 1.19

Символ	Кількість рядків слова без адреси	Назва слів (команд)	Наявність адреси у кадрі
L	2	Звертання до коректора	При зміні інструмента
M	3	Допоміжна функція	Залежно від технології
N	3	Номер кадру	Обов'язково
S	3	Швидкість обертання шпинделя	Введення при зміні значення
T	3	Номер інструмента	Введення при зміні номера інструмента
X	7,6,5	Координата кінцевої точки або значення прирощення по осі X (розмір по радіусу деталі)	Залежно від технології
Z	7,6,5	Координата кінцевої точки або значення прирощення по осі Z (довжина переміщення)	Залежно від технології
%	-	Початок програми	
LF	-	Кінець кадру	Обов'язково
/	-	Пропуск кадру	При необхідності
+,-	-	Знаки переміщення	Обов'язково
0...9	-	Цифри	Обов'язково
NUL	3-5	Пустий рядок	Між кадрами та %
DEL	-	Забій	Для виправлення помилок

У табл. 1.20 наведені значення підготовчих функцій, а у табл. 1.21 – значення допоміжних функцій, які використовуються при програмуванні УП для верстата моделі ТПК-125ВН2 з ПЧПУ «Н22-1МТ1».

Таблиця 1.20 - Значення підготовчих функцій

Група	Функція	Значення
1	G01	Лінійна інтерполяція, нормальні розміри
	G10	Лінійна інтерполяція, великі розміри
	G11	Лінійна інтерполяція, малі розміри
	G02	Колова інтерполяція за годинниковою стрілкою, нормальні розміри
	G20	Колова інтерполяція за годинниковою стрілкою, великі розміри
	G21	Колова інтерполяція за годинниковою стрілкою, малі розміри
	G03	Колова інтерполяція проти годинникової стрілки, нормальні розміри
	G30	Колова інтерполяція проти годинникової стрілки, великі розміри
3	G31	Колова інтерполяція проти годинникової стрілки, малі розміри
	G33	Режим різьбонарізання
2	G26	Завдання переміщення в прирощеннях (у відносних координатах)
	G27	Завдання переміщення в абсолютних координатах
3	G04	Розрахована перерва (пауза)
	G40	Відміна корекції
	G58	Зміщення нуля

Час дії заданої підготовчої функції визначається терміном приходу іншої функції, але з тієї ж групи. Функції третьої групи діють тільки у межах одного кадру.

Таблиця 1.21 - Значення допоміжних функцій

Функція	Значення
M000	Запрограмований стоп
M001	Зупинник з підтвердженням
M002	Кінець програми
M003	Обертання шпинделя за годинниковою стрілкою
M004	Обертання шпинделя проти годинникової стрілки
M005	Зупинник шпинделя
M010	Вмикання робота

Номер швидкості обертання шпинделя програмується за адресою S. На верстаті моделі ТПК-125ВН2 встановлено п'ять швидкостей обертання шпинделя, що регулюються за допомогою п'яти рукояток, які дозволяють плавно змінювати кількість обертів шпинделя у діапазонах, наведених у табл. 1.22.

Таблиця 1.22 - Частота обертання шпинделя

Код діапазону	Частот обертання шпинделя
S001	30 - 2000 об/хв
S002	30 - 200 об/хв
S004	30 - 2000 об/хв
S008	30 - 2000 об/хв
S010	30 - 2000 об/хв

Вибір номера позиції інструмента відбувається командою із адресою T. Верстат моделі ТПК-125ВН2 обладнано шестипозиційною револьверною головкою. Для пошуку необхідного інструмента за адресою T програмується кількість інструментальних позицій, що проходять, плюс 2, тобто у цю кількість входить інструмент, що стоїть на робочій

позиції, та необхідний інструмент. Одиниця за адресою T вказує на те, що відпрацювання наступного kadру починається тільки після надходження потрібного інструменту у робочу позицію. Наприклад, цифра 5 у команді T105 вказує на те, що потрібний інструмент знаходиться через 3 інструменти від того, який знаходиться у робочій позиції, тобто, у робочу позицію прийде п'ятий інструмент, якщо той інструмент, що стоїть у робочій позиції, вважати першим.

Швидкість переміщення робочих органів (подача) верстата вздовж контуру, що обробляється, програмується за адресою F і далі - п'ять цифр. Перша цифра вказує на номер діапазону: 1 – перший діапазон (значення подачі у мм/хв помножується на 5); 2 – другий діапазон (значення подачі у мм/хв помножується на 100); 7 – швидкий хід.

Діапазон робочих подач для верстата моделі ТПК-125ВН2 становить: для поперечного супорта 3-90 мм/хв; для продольного супорта 6-180 мм/хв. Швидкість холостих переміщень: для поперечного супорта – 400 мм/хв; для продольного супорта – 800 мм/хв. Приклад програмування подач наведений у табл. 1.23.

Таблиця 1.23 - Програмування подач (приклади)

Подача, що відпрацьовується на верстаті, мм/хв	Код, що задається в УП
1	F10005 або F20100
11	F10055 або F21100
11,2	F21120
24	F10120 або F22400
120	F10600
Швидкий хід	F70000

Дискретність завдання розмірів: вздовж осі X (радіус деталі) -  $\Delta X = 0,001$  мм; вздовж осі Z -  $\Delta Z = 0,002$  мм.

Таким чином, для отримання кодового числа геометричного переміщення вздовж осі X значення розміру в міліметрах помножується на 1000, а для отримання кодового числа вздовж осі Z - на 500.

Розміри переміщення можна задавати як абсолютні значення відносно початку координат або як прирощення розмірів. Спосіб завда-



вання розмірів визначається підготовчою функцією G26 (відносні координати) або G27 (абсолютні координати). Числова інформація про переміщення вказується після адрес X, Z, I, K кількістю імпульсів з відповідними знаками («+» або «-») незалежно від завдання системи координат. Ознаки нормальних, великих, малих розмірів впливають тільки на розрядність геометричної інформації.

При завданні функцій G01, G02, G03 (нормальні розміри) перфорується тільки 5 десятичних розрядів геометричної інформації; при завданні функцій G10, G20, G30 (великі розміри) - 6 десятичних розрядів, при завданні функцій G11, G21, G31 (малі розміри) - тільки 4 десятичних розрядів геометричної інформації. Функція G58 автоматично встановлює ознаку «великі розміри».

Приклади програмування переміщення наведені у табл. 1.24.

Таблиця 1.24 - Приклади програмування переміщень

Приклад траєкторії руху	Фрагмент програми
	<p>N023 G27  N024 G01Z + 41000X +  50000F10300  N025 Z + 17500  N026 Z + 07000X + 35000</p>
	<p>N014 G26  N015 G01Z - 10500X - 15000  F10300  N016 Z - 25000  N017 Z - 12500X + 25000</p>



При нарізуванні однопрохідної різьби потрібно враховувати те, що верстат ТПК-125ВН2 обладнаний датчиком різьбонарізування СИФ-3, який дозволяє виконувати нарізування циліндричної різьби з кроком від 0,5 мм до 8 мм. Для вмикання СИФ-3 вручну потрібно програмувати технологічний зупинник M000. Цикл нарізування різьби складається з назви функції – G33, інформації за адресою Z (довжина різьби в одиницях дискретності), інформації за адресою K (крок різьби зі знаком «+» та ознакою дискретності), інформації за адресою X (кількість імпульсів за один оберт шпинделя). Значення адреси X наведені у табл. 1.25.

Таблиця 1.25 - Значення адреси X у функції різьбонарізування

Крок різьби K, мм	Значення X, імп
$K \leq 0,5$	X = 256
$0,5 < K \leq 2$	X = 1024
$2 < K \leq 4$	X = 2048
$4 < K \leq 8$	X = 4096

Приклад програми з різьбонарізуванням:

N009 G26T102

N010 S002 M003

N011 G10 Z-033000 F70000 L22

N012 X-014000 F10400 L12

N013 X-003340 F10300

N014 G33 Z-028000 X+001024 K+000750

N015 G10 X+003340 F10300

N016 Z+028000 F70000

N017 X-003640 F10300

N018 G33 Z-028000 X+001024 K+000750

У цьому прикладі запрограмовано два проходи різьби (кадри 14 і 18) з кроком 1,5 мм.

За допомогою підготовчої функції G04 програмується технологічний зупинник в управляючій програмі на певний час. Якщо

час зупинки  $t$ , а швидкість обробки  $F$ , то необхідна кількість геометричної інформації розраховується за такою залежністю:

$$\text{для адреси } Z \quad N_Z = Ft100;$$

$$\text{для адреси } X \quad N_X = Ft200,$$

де  $F$  – подача, мм/хв, помножена на 5 (перший діапазон);

$t$  – час зупинки, хв.

П р и к л а д:

N026 F10600

N027 G10 Z-040000

N028 G04 Z+006000 - пауза 0,1 хв.

Зсув початку відліку програмується за командою G58. Режим зсуву початку відліку можливий тільки в абсолютній системі координат (G27). Значення та знаки зсуву по кожній з координат набирають на спеціальних декадних перемикачах «Смещение OX» та «Смещение OZ» на пульті корекції ПЧПУ. Функція G58 автоматично встановлює ознаку «довгі розміри».

П р и к л а д:

На декадних перемикачах зсуву набрано:

$$N_X = +000300$$

$$N_Z = -000500$$

На стрічці задана інформація:

N001 G27 F10300

N002 G58

N003 X+020500 Z-030500

У третьому кадрі пристрій видасть на привод наступну кількість імпульсів:

$$X = +020500 - (+000300) = +020200$$

$$Z = -030500 - (000500) = -030000$$

В ПЧПУ «H22-1MT1» можна програмувати корекцію положення інструмента, яку уточнюють при обробці пробної деталі і набирають на декадних перемикачах пульту корекції. Загальна кількість перемикачів – 9 пар, кожна пара має номери від 1 до 9. Максимально допустиме значення корекції  $\pm 9,999$  мм вздовж осі X та  $\pm 19,998$  мм вздовж осі Z, тобто  $\pm 9999$  дискрет. У управляючій програмі корекція програмується

тільки в тих кадрах, що містять лінійну інтерполяцію. Корекція програмується за адресою L і наступними за нею двома цифрами:

L X X		
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; border-right: 1px solid black; padding: 2px;">Відповідність вводу</td> <td style="padding: 2px;">Номер коректора</td> </tr> </table>	Відповідність вводу	Номер коректора
Відповідність вводу	Номер коректора	
1 – корекція вздовж осі X	1 - 9	
2 – корекція вздовж осі Z		
3 – корекція вздовж осей X та Z одночасно		

П р и к л а д: L38 – корекція вздовж осей X та Z, коректор №8.

При роботі у прирощеннях (G26) корекція діє тільки в тих кадрах, у яких вона запрограмована. При роботі у режимі абсолютних координат (G27) запрограмована корекція діє до зміни її новим значенням або до відміни її функцією G40. При роботі в прирощеннях функція G40 змінює знак корекції, набраний на декадних перемикачах.

Розглянемо приклад управляючої програми для обробки деталі (рис. 1.4) на верстаті моделі ТПК-125ВН2 з ПЧПУ «Н22-1МТ1».

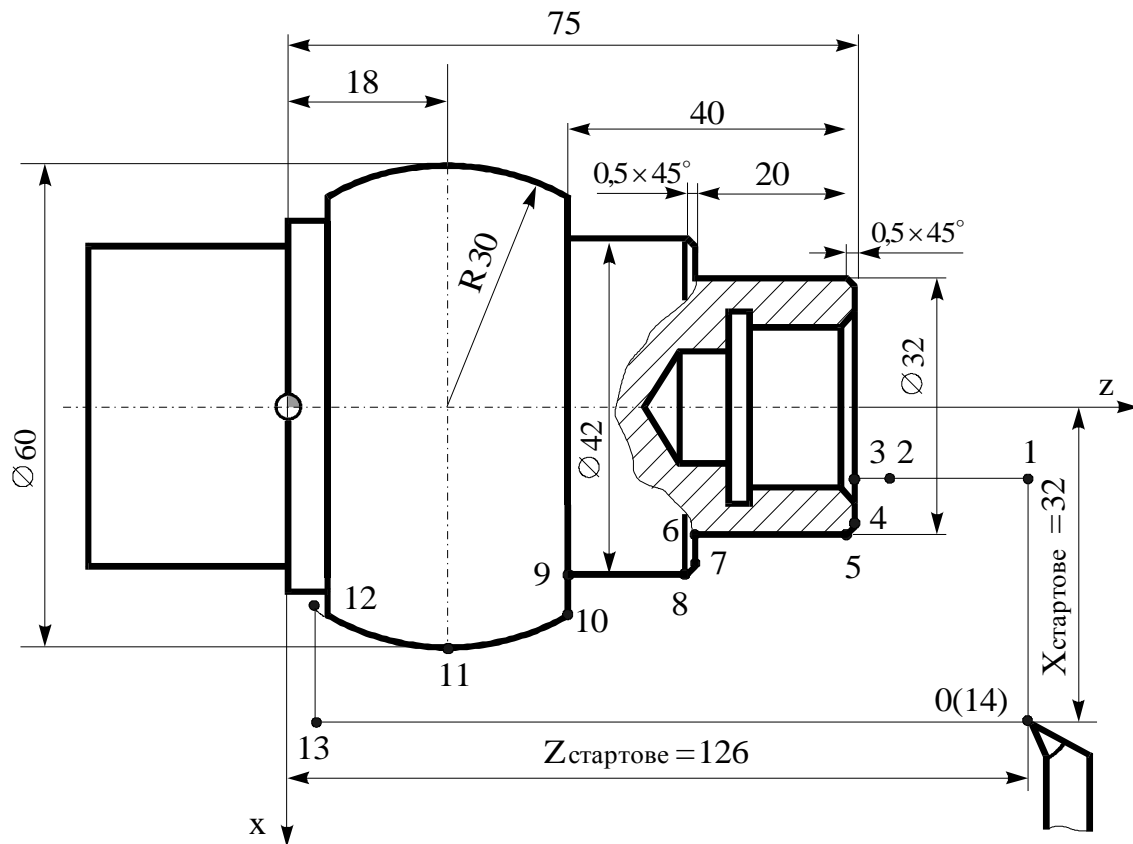


Рисунок 1.4 - Креслення деталі та циклограма руху різця

%

N001 G26

N002 T103

N003 S002 M003

N004 G10 X-023000 F70000 L15

N005 Z-025250 L25

N006 Z-000250 F10125

N007 X+006500

N008 Z-000250 F10125

N009 Z-009750

N010 X+004500

N011 Z-000250 X+000500

N012 Z-009750

N013 X+003718

N014 G20 Z-008500 X+005282 K+008500 I+024718

N015 Z-007000 X-003467 I+030000

N115 G10

N016 G40 X+005467 F10300 L15

N017 G40 Z+061000 F70000 L25

N018 M005

N019 M002

## **1.6 Програмування промислового робота M10П.62.01 з пристроєм ЧПУ «Контур-1»**

Промисловий робот M10П.62.01 входить до складу гнучкого виробничого модуля 16К20ФЗР132 на базі верстата моделі 16К20ФЗС32.

Управління роботом здійснюється з пульта навчання промислового робота. Управляюча програма складається з кадрів. У кадрі програмуються: координати позиції робота по трьох осях (X, A, B); G-функції геометричної інформації; подача F; S-функції управління механізмами робота та верстата, роботи з реєстрами, виконання умовних та безумовних переходів. Програмне управління промислового робота має 48 реєстрів, які нумеруються від 0 до 47. Реєстри використовуються для організації підрахунку деталей при обробці партії деталей, для організації умовних переходів за S-функціями за результатами виконання операцій над вмістом реєстрів. Програмне управління має також 50 уставок і 80 параметрів, що програмуються незалежно від управляючої програми і використовуються для завдання дозволу запитів на обслуговування від верстата, вибору номера групи запитів, номера програми, часу очікування сигналів за функціями, даних складування деталей, встановлення швидкостей переміщень, координат нульової та граничних точок позиції робота.

При програмуванні промислового робота (ПР) використовуються G-функції, значення яких наведені в табл. 1.26.

Номер подачі програмується за адресою F від F1 до F8. Значення подач наведені в табл. 1.27.

При програмуванні ПР використовуються S-функції, що складаються з назви функції та операндів (a, b, n, t, x). Значення S-функцій наведені в табл. 1.28, значення операндів «a» - у табл. 1.29, значення операндів «b» - у табл. 1.30. Операнд «n» встановлює ознаку кадру, операнд «t» - видачі (дії) сигналу, операнд «x» - номер реєстра для підрахунку кількості виконаних команд. Значення операндів «a» та «b» встановлюються під час пуско-налагодочних робіт певного ПР і можуть не збігатись зі значенням операндів для іншого ПР.

Таблиця 1.26 - Значення G-функцій

Позначення	Функція	Опис
G00	Позиціонування	Відбувається переміщення у точку, координати якої знаходяться у кадрі (програмується автоматично)
G98	Відсутність переміщень	Переміщення не відбуваються
G28	Фіксоване положення	Переміщення відбувається у точку, координати якої задані в 36, 37, 38, 39 уставках
G31	Позиціонування з контролем	При переміщенні в точку, яка задана у кадрі, відбувається контроль сигналу за функціями S75, S85, що записані у кадрі

Таблиця 1.27 - Значення подач

Код	Подача		
	Вздовж осі X, мм/с	Вздовж осі A, град/с	Вздовж осі B, град/с
F1	8	2	2
F2	16	4	4
F3	31	8	8
F4	63	15	15
F5	125	30	30
F6	250	60	60
F7	375	90	90
F8	500	120	120

Таблиця 1.28 - Значення S-функцій

Функція	Значення
S70.a	Видати сигнал «а»
S71.a	Зняти сигнал «а»
S72.a.t	Видати сигнал «а» на час «t» (секунди)
S74.a.X	Записати здійснений сигнал «а» у регістр «X»
S97.n	Встановлення ознаки «n»



Продовження таблиці 1.28

Функція	Значення
S75.a.n	Перейти до кадру з ознакою «n», якщо сигнал «a» здійснено
S76.a.n	Очікувати сигнал «a» протягом часу, який установлений в уставці 46. Якщо сигнал за цей час не надійде, перейти до кадру з ознакою «n»
S77.a.n	Очікувати зняття сигналу «a» протягом часу, який установлений в уставці 46. Якщо сигнал за цей час не зніметься, перейти до кадру з ознакою «n»
S41	Вибір обслуговування запитів з першого верстата
S42	Вибір обслуговування запитів з другого верстата
S80.b	Видати сигнал «b»
S81.b	Зняти сигнал «b»
S82.b.t	Видати сигнал «b» на час «t» (секунди)
S83.X	Вивести вміст регістра «X» на табло пульта
S84.b.X	Записати здійснений сигнал «b» у регістр «X»
S85.b.n	Перейти до кадру з ознакою «n», якщо сигнал «b» здійснено
S86.b.n	Очікувати сигнал «b» протягом часу, який установлений в уставці 46. Якщо сигнал за цей час не надійде, перейти до кадру з ознакою «n»
S87.b.n	Очікувати зняття сигналу «b» протягом часу, установленого в уставці 46. Якщо сигнал за цей час не зніметься, перейти до кадру з ознакою «n»
S01.X	Очистити регістр «X»
S02.X.C.	Записати константу «C» у регістр «X». При цьому $-32767 \leq C \leq 32767$
S03.X1.X2	Переписати вміст регістра «X2» у регістр «X1»
S10.X	Додати одиницю до вмісту регістра «X»
S11.X	Зменшити вміст регістра «X» на одиницю
S12.X.C	Додати константу «C» до вмісту регістра «X»
S13.X1.X2	Скласти вміст регістрів «X1» та «X2»
S14.X1.X2	Вміст регістра «X2» відняти від вмісту регістра «X1»
S17.X.C	Порівняти вміст регістра «X» з константою «C» Формуються ознаки «БІЛЬШЕ» або «ДОРІВНЮЄ»
S18.X1.X2	Порівняти вміст регістрів «X1» та «X2». Формуються ознаки «БІЛЬШЕ» або «ДОРІВНЮЄ»

Продовження таблиці 1.28

Функція	Значення
S30.n	Перейти до кадру з ознакою «n»
S32.n	Перейти до кадру з ознакою «n», якщо сформована умова «ДОРІВНЮЄ» або «ДОРІВНЮЄ 0»
S34.n	Перейти до кадру з ознакою «n», якщо не сформована умова «ДОРІВНЮЄ» або «ДОРІВНЮЄ 0»
S36.n	Перейти до кадру з ознакою «n», якщо сформована умова «ДОРІВНЮЄ» або «ДОРІВНЮЄ 0» і відсутня умова «БІЛЬШЕ»
S38.n	Перейти до кадру з ознакою «n», якщо відсутня умова «ДОРІВНЮЄ» або «ДОРІВНЮЄ 0» і має місце умова «БІЛЬШЕ» або «БІЛЬШЕ 0»
S60.t	Витримка часу. Дискретність завдання 0,1 секунди. Діапазон – від 0,1 до 999,9 секунд
S62.C	Встановлення ознаки «ПОМИЛКА» на пульті оператора ПР. Операнд «С» змінюється від 0 до 9, при цьому встановлюється номер «помилки» від 400 до 409. Виконання УП припиняється і на індикаторі пульта висвітлюється номер помилки
S00	Закінчення S-функцій (Кінець кадру)
S08.d	Управління хватом. Операнд «d» має наступні значення: 1 - положення 0°; 2 – положення -90°; 3 - положення +90°; 4 – положення +180°
S99	Кінець програми

Таблиця 1.29 - Значення операнда «а»

№ операнда	Значення команди
1	Розтиснути перший хват
2	Затиснути перший хват
3	Розтиснути другий хват
4	Затиснути другий хват
7	Позиція -90°
8	Позиція 0°
9	Позиція +90°
10	Позиція +180°

Таблиця 1.30 - Значення операнда «b»

№ операнда	Значення команди
1	Відкрити загородження
2	Закрити загородження
3	Відвести кулачки патрона від центра
4	Підвести кулачки патрона до центра
5	Відвести піноль задньої бабки
6	Підвести піноль задньої бабки
9	Пуск циклу верстата
12	Перемістити палети тактового столу на один крок
13	Обдути патрон стиснутим повітрям

Встановлення позиції положення хвату ПР відбувається в режимі «Навчання», коли програміст пересуває робот у потрібні точки положення і вводить координати положення в пам'ять УП. Визначені координати положення записують в УП у режимі «Введення програми». Приклад УП для промислового робота М10П.62.01 наведений у табл. 1.31.

Таблиця 1.31 - Приклад УП для ПР М10П.62.01

Кадр, зміст кадру	Пояснення
N00 G98 S02.1.10 S00	Відсутність переміщень Записати константу 10 в регістр «1» Кінець кадру
N01 G98 S97.9 S70.1 S08.1 S00	Відсутність переміщень Присвоїти кадру N01 ознаку «9» Розтиснути перший хват Встановити хват у положення 0° Кінець кадру
N02 F8 X=-450 A=9000 B=9000 S82.1.10	Встановити подачу №8 Встановити ПР у початкову точку  Відкривати загородження протягом 10 секунд

Продовження таблиці 1.31

Кадр, зміст кадру	Пояснення
<p>N03 G98 S77.2.9  S76.8.9  S86.1.9  S00</p>	<p>Відсутність переміщень Очікувати зняття сигналу «Затиснути перший хват». Якщо сигнал не знятий, тобто перший хват залишається затиснутим, то перейти до кадру з ознакою «9», тобто N01 Очікувати надходження сигналу «Встановити хват у положення 0°». Якщо сигнал не надійшов, тобто хват не знаходиться у положенні 0°, то перейти до кадру з ознакою «9», тобто N01 Очікувати надходження сигналу «Відкрити загородження». Якщо сигнал не надійшов, тобто загородження не відкрито, то перейти до кадру з ознакою «9», тобто N01 Кінець кадру</p>
<p>N04 F8 X=-450 A=2595 B=9000 S00</p>	<p>Встановити подачу №8 Вийти на лінію осі обертання шпинделя верстата  Кінець кадру</p>
<p>N05 F8 X=450 A=2595 B=9000 S00</p>	<p>Встановити подачу №8 Підійти до деталі  Кінець кадру</p>
<p>N06 G98 S71.1 S70.2 S97.2 S00</p>	<p>Відсутність переміщень Зняти сигнал «Розтиснути перший хват» Затиснути перший хват (затиснути деталь хватом) Присвоїти кадру N06 ознаку «2» Кінець кадру</p>
<p>N07 G98 S60.10 S00</p>	<p>Відсутність переміщень Витримати 1 секунду Кінець кадру</p>
<p>N08 G98 S76.2.2  S00</p>	<p>Відсутність переміщень Очікувати надходження сигналу «Затиснути перший хват». Якщо сигнал не надійшов, тобто перший хват залишається не затиснутим, то перейти до кадру з ознакою «2», тобто N06 Кінець кадру</p>
<p>N09 G98 S82.3.3  S60.10 S00</p>	<p>Відсутність переміщень Відводити кулачки патрона від центра протягом 3 секунд (розтиснути деталь в патроні) Витримати 1 секунду Кінець кадру</p>

Продовження таблиці 1.31

Кадр, зміст кадру	Пояснення
N10 F8 X=-450 A=9000 B=9000 S00	Встановити подачу №8 Вийняти деталь зі шпинделя та вийти у початкову точку  Кінець кадру
N11 F8 X=-450 A=9000 B=0 S00	Встановити подачу №8 Покласти деталь праворуч  Кінець кадру
N12 G98 S71.2 S72.1.5  S97.6 S60.10 S00	Відсутність переміщень Зняти сигнал «Затиснути перший хват» Розтискати перший хват протягом 5 секунд (розтиснути деталь у хваті) Присвоїти кадру N12 ознаку «б» Витримати 1 секунду Кінець кадру
N13 G98 S77.2.6	Відсутність переміщень Очікувати зняття сигналу «Затиснути перший хват». Якщо сигнал не знятий, тобто перший хват залишається затиснутим, то перейти до кадру з ознакою «б», тобто N12
N14 F8 X=-450 A=9000 B=18000 S00	Встановити подачу №8 Перемістити хват ліворуч  Кінець кадру
N15 F6 X=-255 A=9000 B=18000 S00	Встановити подачу №6 Опустити хват униз  Кінець кадру
N16 G98 S97.3 S70.2 S00	Відсутність переміщень Присвоїти кадру N16 ознаку «3» Затиснути перший хват (затиснути деталь у хваті) Кінець кадру

Продовження таблиці 1.31

Кадр, зміст кадру	Пояснення
N17 G98 S60.30 S00	Відсутність переміщень Витримати 3 секунди Кінець кадру
N18 G98 S77.1.3  S00	Відсутність переміщень Очікувати зняття сигналу «Розтиснути перший хват». Якщо сигнал не знятий, тобто перший хват залишається розтиснутим, то перейти до кадру з ознакою «3», тобто N16 Кінець кадру
N19 F8 X=-450 A=9000 B=9000 S00	Встановити подачу №8 Перемістити деталь у початкову точку  Кінець кадру
N20 F8 X=-450 A=2595 B=9000 S00	Встановити подачу №8 Перемістити деталь на лінію осі обертання шпинделя верстата  Кінець кадру
N21 F5 X=+450 A=2595 B=9000 S82.4.3  S00	Встановити подачу №5 Вставити деталь у патрон верстата  Підводити кулачки патрона до центра протягом 3 секунд (затиснути деталь у патроні) Кінець кадру
N22 G98 S71.2 S72.1.5 S97.7 S00	Відсутність переміщень Зняти сигнал «Затиснути перший хват» Розтискати перший хват протягом 5 секунд (розтиснути деталь у хваті) Присвоїти кадру N22 ознаку «7» Кінець кадру
N23 G98 S77.2.7  S00	Відсутність переміщень Очікувати зняття сигналу «Затиснути перший хват». Якщо сигнал не знятий, тобто перший хват залишається затиснутим, то перейти до кадру з ознакою «7», тобто N22 Кінець кадру

Продовження таблиці 1.31

Кадр, зміст кадру	Пояснення
N24 F8 X=-450 A=9000 B=9000 S82.2.10 S97.4 S00	Встановити подачу №8 Встановити ПР у початкову точку Закривати загородження протягом 10 секунд Присвоїти кадру N24 ознаку «4» Кінець кадру
N25 G98 S60.10 S00	Відсутність переміщень Витримати 1 секунду Кінець кадру
N26 G98 S86.2.4 S00	Відсутність переміщень Очікувати надходження сигналу «Закрити загородження». Якщо сигнал не надійшов, тобто загородження не закрито, то перейти до кадру з ознакою «4», тобто N24 Кінець кадру
N27 G98 S81.2 S82.9.2 S00	Відсутність переміщень Зняти сигнал «Закрити загородження» Видати сигнал «Пуск циклу верстата» протягом 2 секунд Кінець кадру
N28 G98 S10.5 S18.1.5 S32.8 S00	Відсутність переміщень Додати одиницю до вмісту регістра «5» Порівняти вміст регістрів «1» та «5» Якщо сформовано умову «ДОРІВНІЮЄ», тобто вміст регістра «1» дорівнює вмісту регістра «5», то перейти до кадру з ознакою «8», тобто N30 Кінець кадру
N29 G98 S99 (S00)	Відсутність переміщень Кінець програми при умові нерівності вмісту регістрів «1» та «5» Кінець кадру
N30 G98 S97.8 S01.5 S62.0 S99	Відсутність переміщень Присвоїти кадру N30 ознаку «8» Очистити регістр «5» Встановити ознаку «ПОМИЛКА 400» Кінець програми

## 1.7 Програмування промислового робота M20П.40.01 (РБ241Б) з пристроєм ЧПУ «Ізот»

Промисловий робот M20П.40.01 (експортне виконання у кооперації з Болгарією - РБ241Б) входить до складу гнучкого виробничого модуля 16К20Ф3РМ232 на базі верстата моделі 16К20Ф3С32. Пристрій ЧПУ «Ізот» виробництва Болгарії побудований на базі одноплатного комп'ютера М1001.

У програмній пам'яті можна записати до 99 різних програм. Одна програма – це послідовність команд, які управляють роботизованим комплексом при виконанні певного технологічного циклу. Порядок розташування програм у пам'яті визначається послідовністю їх введення, і кожна з них можна вивести для виконання або корекції за номером, під яким вона введена. При програмуванні промислового робота M20П.40.01 використовуються G та M-функції, найбільш поширені з яких наведені у табл. 1.32.

Таблиця 1.32 - G та M-функції для ПР M20П.40.01

Команди	Значення	Формат	Значення операндів
G00	Рух до точки	G00P	$1 \leq P \leq 500$
G01	Завдання швидкості руху	G01U	$1 \leq U \leq 100 (\%)$
G04	Затримка часу	G04T	$1 \leq T \leq 999$ $1T = 0,1 \text{ сек}$
G91	Присвоєння точки точці	G91P1.P2	$1 \leq P1,$ $P2 \leq 500$
M00	Програмний стоп	M00	-
M01	Аварійний програмний стоп	M01	-
M02	Стоп з поверненням у початок програми	M02	-
M66	Закриття хвату 1 з перевіркою повного закриття	M66L	$1 \leq L \leq 99$



## Продовження таблиці 1.32

Команди	Значення	Формат	Значення операндів
M67	Відкриття хвату 1 з перевіркою повного відкриття	M67L	$1 \leq L \leq 99$
M68	Закриття хвату 1	M68	-
M69	Відкриття хвату 1	M69	-
M76	Закриття хвату 2 з перевіркою повного закриття	M76L	$1 \leq L \leq 99$
M77	Відкриття хвату 2 з перевіркою повного відкриття	M77L	$1 \leq L \leq 99$
M78	Закриття хвату 2	M78	-
M79	Відкриття хвату 2	M79	-
M80	Видача імпульсних сигналів	M80X	Значення операндів «X» наведено у табл. 33
M81	Видача сигналів в «1»	M81X	
M82	Видача сигналів в «0»	M82X	
M83	Очікування сигналів в «0»	M83X	
M84	Очікування сигналів в «1»	M84X	
M92	Безумовний перехід	M92L	$1 \leq L \leq 99$
M97	Безумовний перехід у початок програми	M97	-
M99	Завдання мітки	M99L	$1 \leq L \leq 99$

Операнд «P» визначає номер точки позиції хвату промислового робота у просторі. Визначення номера позиції та її розташування здійснюється у ручному режимі, при якому оператор переміщує ПР у потрібне положення та заносить це положення у пам'ять ПЧПУ. Операнд «U» визначає швидкість переміщення хвату у відсотках від максимальної; операнд «T» - час затримки виконання програми; операнд «L» - номер мітки, до якої необхідно перейти в разі виконання команди, поміченою міткою з цим же номером; операнд «X» - номер сигналу, що управляє робочими органами верстата. Значення операнда «X» наведені у табл. 1.33. Для конкретного ПР ці значення бувають іншими.

Таблиця 1.33 - Значення операнда «Х»

Номер операнда	Значення
001	Відкрити загородження верстата
002	Закрити загородження верстата
003	Розтиснути патрон
004	Затиснути патрон
005	Підвести піноль задньої бабки
006	Відвести піноль задньої бабки
009	Пуск циклу верстата
012	Пуск тактового столу

Приклад управляючої програми для промислового робота M20П.40.01, який обслуговує один верстат з ЧПУ моделі 16К20Ф3С32, а також тактовий стіл з вісімнадцятьма палетами для заготовок, наведений у табл. 1.34.

Таблиця 1.34 - Приклад УП для ПР M20П.40.01

Кадр, зміст кадру	Пояснення
N001 M82.009	Зняти сигнал «Пуск циклу верстата»
N002 G01 U020	Задати швидкість переміщення 20 % від максимальної
N003 G00 P001	Вийти у точку №1 (початкове положення)
N004 M79	Відкрити хват «2»
N005 M81.001	Відкрити загородження верстата
N006 M84.001	Очікувати виконання сигналу «Відкрити загородження верстата»
N007 M82.001	Зняти сигнал «Відкрити загородження верстата»
N008 G00 P002	Вийти у точку №2 (положення хвату на осі обертання шпинделя)
N009 G01 U010	Задати швидкість переміщення 10 % від максимальної
N010 G00 P003	Вийти у точку №3 (положення над місцем захвату деталі)

## Продовження таблиці 1.34

Кадр, зміст кадру	Пояснення
N011 M78	Закрити хват «2» (затиснути деталь хватом)
N012 G04 T015	Очікувати 1,5 секунди
N013 M81.003	Розтиснути патрон
N014 M84.003	Очікувати виконання сигналу «Розтиснути патрон»
N015 M82.003	Зняти сигнал «Розтиснути патрон»
N016 G01 U020	Задати швидкість переміщення 20 % від максимальної
N017 G00 P002	Вийти у точку №2 (витягнути деталь з патрона)
N018 G00 P001	Вийти у точку №1 (початкове положення)
N019 G00 P004	Вийти у точку №4 (положення хвату над палетою тактового столу)
N020 G00 P005	Вийти у точку №5 (покласти деталь на палету тактового столу)
N021 M79	Відкрити хват «2» (розтиснути деталь)
N022 G04 T015	Очікувати 1,5 секунди
N023 G00 P004	Вийти у точку №4 (підняти хват вище рівня висоти деталей над палетою тактового столу)
N024 M80.012	Пуск тактового столу на один крок
N025 M84.012	Очікувати виконання сигналу «Пуск тактового столу на один крок»
N026 G04 T015	Очікувати 1,5 секунди
N027 G00 P005	Вийти у точку №5 (опустити хват до рівня затискання деталі)
N028 G04 T010	Очікувати 1 секунду
N029 M78	Закрити хват «2» (затиснути деталь хватом)
N030 G04 T020	Очікувати 2 секунди
N031 G00 P006	Вийти у точку №6 (проміжна точка між тактовим столом та верстатом)
N032 G00 P001	Вийти у точку №1 (початкове положення)

Продовження таблиці 1.34

Кадр, зміст кадру	Пояснення
N033 G00 P002	Вийти у точку №2 (положення хвату на осі обертання шпинделя)
N034 G01 U010	Задати швидкість переміщення 10 % від максимальної
N035 G00 P003	Вийти у точку №3 (вставити деталь у патрон)
N036 M81.004	Затиснути патрон (затиснути деталь)
N037 M84.004	Очікувати виконання сигналу «Затиснути патрон»
N038 M82.004	Зняти сигнал «Затиснути патрон»
N039 M79	Відкрити хват «2» (розтиснути деталь у хваті)
N040 G04 T015	Очікувати 1,5 секунди
N041 G01 U020	Задати швидкість переміщення 20 % від максимальної
N042 G00 P002	Вийти у точку №2 (відвести хват від деталі)
N043 G00 P001	Вийти у точку №1 (початкове положення)
N044 M81.002	Закрити загородження верстата
N045 M84.002	Очікувати виконання сигналу «Закрити загородження верстата»
N046 M82.002	Зняти сигнал «Закрити загородження верстата»
N047 M80.009	Пуск циклу верстата
N048 M02	Стоп з поверненням у початок програми

## ГЛАВА 2

### ОСОБЛИВОСТІ ПРИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ОБРОБЦІ ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПУ

#### 2.1 Особливості вибору геометрії різального інструмента

Обробка деталей на верстатах з ЧПУ суттєво відрізняється від обробки деталей на верстатах з ручним управлінням. Це обумовлено змінною низки геометричних та фізичних параметрів процесу.

При обробці криволінійної поверхні деталі на верстаті з ЧПУ різець рухається по криволінійній траєкторії. Подача безперервно змінює свій напрямок, кінематичні головний та допоміжний кути в плані змінюються. При зменшенні головного кута в плані ширина зрізу збільшується, а товщина – зменшується, хоча номінальна площа зрізу залишається постійною. Оскільки вплив розмірів товщини  $a$  та ширини зрізу  $b$  на головну складову сили різання  $P_z$  можна описати залежністю

$$P_z = C_{P_z} \cdot a^{0,75} \cdot b,$$

то при переміщенні різця по криволінійній траєкторії спостерігається зміна рівня сил різання.

Зміна кутів у плані впливає на шорсткість обробленої поверхні деталі. Висота мікронерівностей на криволінійному профілі змінюється при обробці гостро заточеним різцем та при участі в роботі одночасно прямолінійної та радіусної різальних кромки, а при різанні тільки радіусною кромкою вона залишається сталою.

Зміна кутів у плані впливає на напрямок сходу стружки, який є перпендикулярним до діагоналі перетину зрізу. Кут сходу стружки залежить від кутів у плані та співвідношення ширини і товщини зрізу. Від кута сходу стружки залежить дійсний передній кут різця, а також співвідношення між складовими силами різання  $P_x$  та  $P_y$ .

При обробці поверхонь деталі, діаметральні розміри яких зменшуються в процесі обробки, треба уважно слідкувати за правильністю призначення допоміжного кута в плані різця, щоб запобігти зарізанню поверхонь деталі допоміжним лезом різця.

Обробка деталей на верстатах з ЧПУ часто відбувається зі змінними режимами різання – швидкістю, подачею та глибиною різання. Внаслідок цього змінюються миттєві значення ширини та товщини зрізу, а також кінематичні передній, задній та головний кути різця, що не може не вплинути на рівень цілого ряду параметрів процесу різання, таких як рівень температури різання, висота мікронерівностей, складові сили різання, період стійкості інструмента.

Таким чином, різання на верстатах з ЧПУ має нестационарний характер, тому необхідно висувати більш жорсткі вимоги до призначення елементів режиму різання, вибору геометрії та форми пластини.

## **2.2 Вимоги до форми стружки**

Стружка, що утворюється при обробці деталей, не повинна заважати виконанню автоматичного циклу на верстатах з ЧПУ.

Конструкція токарних верстатів з ЧПУ, а також умови роботи на них вкрай різноманітні, тому поняття "добра форма стружки" не буде спільним для різних верстатів та типів виробництва. Наприклад, якщо робітник працює за одним верстатом, то доброю можна вважати спіральну стружку завдовжки 5 - 150 мм циліндричної або конічної форми. Така стружка під час точіння падає в корито верстата і ніколи не намотується на деталь або патрон. У тих випадках, коли стружка чіпляється за різець, робітник легко її знімає, або вона падає сама при повороті різцетримача. Однак довга спіральна стружка при розточуванні може заважати відведенню розточних оправок, коли вона потрапляє у щілину між корпусом оправки та обробленою поверхнею. Для розточування крупноподрібнена стружка у вигляді кілець вважається доброю, оскільки вона висипається з отвору при обертанні (при довжині обробки не більше, ніж 1,5 - 2 діаметри). Задовільною при обточуванні можна вважати кру-

пноподрібнену стружку у вигляді кілець та напівкілець, а при розточуванні - спіральну у вигляді відрізків завдовжки 30 - 80 мм. Вкрай незадовільною вважається стружка, що утворює безперервну спіраль, пряму стрічку, а також плутана. Безперервна спіраль або пряма стрічка може бути спрямована у бік пульта оператора, тим самим пошкодити його, або травмувати людину. Плутана стружка намотується на деталь, різець, утворює великі клубки, які важко транспортувати стружкозбирачами, шкодить обладнанню.

Якщо оператор обслуговує декілька верстатів з ЧПУ, то при обточуванні найбільш доброю вважається стружка, що має форму спіралі у вигляді відрізків завдовжки 30 - 80 мм; задовільною - стружка крупноподрібнена у вигляді кілець або напівкілець, також спіральна у вигляді відрізків завдовжки 50 - 150 мм; і неприпустимою - пряма стрічка, плутана, безперервна спіраль.

Отже, особливу увагу при роботі на верстатах з ЧПУ треба приділяти призначенню таких режимів різання, при встановленні яких утворюється стружка найбільш сприятлива для умов експлуатації обладнання. Також не виключене використання стружколомів та примусових зупинників подачі різця з метою подрібнення стружки.

## **2.3 Особливості призначення подач**

При чорновій обробці деталей машин значення подачі залежить від форми багатограних непереточувальних пластин (БНП), товщини пластин, радіусу вершини та глибини різання. Значення чорнових подач при обробці деталей тригранними пластинами наведені в табл. 2.1, ромбічними - в табл. 2.2, квадратними - в табл. 2.3, паралелограмними - в табл. 2.4.

Значення чистових подач встановлюється за табл. 2.5, а поправочний коефіцієнт залежно від міцності оброблюваного матеріалу, – за табл. 2.6.

Таблиця 2.1 - Чорнові подачі для тригранних пластин, мм/об

Глибина різання, мм	Товщина пластини, мм				
	4,76			6,35	
	Радіус вершини, мм				
	0,8	1,2	1,6	1,2	1,6
1–4	0,20–0,35	0,25–0,35	0,35–0,45	0,35–0,45	–
4–6	0,30–0,40	0,30–0,40	0,30–0,40	0,30–0,45	0,35–0,50
6–8	0,25–0,35	0,25–0,35	–	0,30–0,40	0,30–0,40

Таблиця 2.2 - Чорнові подачі для ромбічних пластин, мм/об

Глибина різання, мм	Товщина пластини, мм				
	4,76			6,35	
	Радіус вершини, мм				
	0,8	1,2	1,6	1,2	1,6
2–4	0,45–0,60	0,55–0,65	–	0,60–0,75	–
4–6	0,45–0,55	0,60–0,70	0,60–0,80	0,70–0,85	0,75–0,90
6–8	0,30–0,40	0,40–0,50	0,45–0,55	0,50–0,65	0,55–0,80

Таблиця 2.3 - Чорнові подачі для квадратних пластин, мм/об

Глибина різання, мм	Товщина пластини, мм				
	4,76			6,35	
	Радіус вершини, мм				
	0,8	1,2	1,6	1,2	1,6
2–4	0,45–0,60	0,60–0,95	–	0,70–0,85	–
4–6	0,65–0,85	0,70–0,85	0,80–1,00	0,90–1,20	0,95–1,25
6–8	0,55–0,70	0,65–0,80	0,70–0,85	0,75–0,90	0,80–0,95

Таблиця 2.4 - Чорнові подачі для ромбічних пластин, мм/об

Глибина різання, мм	Товщина пластини, мм				
	4,8			6,3	
	Радіус вершини, мм				
	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5
1–2	–	–	0,20–0,30	–	–
2–4	0,25–0,35	0,25–0,35	0,25–0,35	0,25–0,35	0,40–0,50
4–6	0,25–0,35	0,25–0,35	0,30–0,40	0,35–0,50	0,40–0,55



Таблиця 2.5 - Подачі при чистовому точінні

Шорсткість поверхні	Подача, мм/об, при радіусі при вершині різця, мм					
	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
$R_a$ 0,63	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
$R_a$ 1,25	0,10	0,13	0,16	0,19	0,21	0,23
$R_a$ 2,5	0,14	0,20	0,25	0,29	0,32	0,35
$R_z$ 20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
$R_z$ 40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
$R_z$ 80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Таблиця 2.6 - Поправочний коефіцієнт на чистову подачу

$\delta_{\text{ч}}$ , МПа	500–700	700–900	900–1100
$k_s$	0,45	1	1,25

## 2.4 Особливості призначення швидкостей різання

При точінні сталей на верстатах з ЧПУ швидкості різання призначають за табл. 2.7, при точінні чавуна – за табл. 2.8, при точінні алюмінієвих сплавів – за табл. 2.9. Поправочний коефіцієнт  $k_1$  на швидкість різання залежно від оброблюваного матеріалу та його твердості зазначений у табл. 2.10; поправочний коефіцієнт  $k_2$  на вид оброблюваного матеріалу – в табл. 2.11. Значення коефіцієнта  $k_3$ , що залежить від глибини різання, оброблюваного матеріалу та марки інструментального матеріалу, подано в табл. 2.12; значення коефіцієнта  $k_4$ , що залежить від періоду стійкості інструмента – в табл. 2.13, а значення коефіцієнта  $k_5$ , що залежить від виду обробки – в табл. 2.14.

У певних випадках потрібно користуватися галузевими нормативами з призначення режимів різання, а в навчальних цілях – найбільш поширеними довідковими матеріалами та рекомендаціями.

Таблиця 2.7 - Швидкості різання при точінні сталей

Глибина різання, мм	Подача, мм/об									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	Припуск рівномірний, без вкраплень та корки									
До 1	290-270	265-245	245-230	230-210	210-190	200-185	-	-	-	-
1-2	280-260	255-235	235-220	220-200	200-185	190-175	-	-	-	-
2-3	-	205-190	190-175	175-165	160-150	135-140	140-130	-	-	-
3-4	-	195-180	185-170	170-160	160-145	150-140	140-125	135-125	125-115	120-110
4-5	-	190-175	180-170	170-160	150-140	145-135	135-120	125-115	120-110	115-105
5-6	-	-	175-165	165-155	145-135	140-130	130-115	125-115	120-110	110-100
6-7	-	-	-	140-130	130-120	120-115	110-100	105-95	100-90	90-80
7-8	-	-	-	140-130	130-120	115-110	105-95	100-90	95-85	85-75
	Перервна обробка, обробка по корці									
До 2	-	165-155	150-140	140-130	130-120	125-115	-	-	-	-
2-4	140-130	130-120	125-115	115-105	105-95	100-90	90-80	85-75	-	-
4-6	-	125-115	120-110	110-100	100-90	95-85	85-75	80-70	75-65	75-65
6-8	-	115-105	110-100	100-90	95-85	90-80	80-70	80-70	75-65	70-60

Таблиця 2.8 - Швидкості різання при точінні чавуна

Глибина різання, мм	Подача, мм/об									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Припуск рівномірний, без вкrapлeнь та корки										
До 1	175-165	170-160	160-150	150-140	140-130	135-125	-	-	-	-
1-2	170-160	160-150	150-140	140-130	135-125	130-120	-	-	-	-
2-3	-	140-130	130-120	120-110	115-105	110-100	105-95	-	-	-
3-4	-	130-120	120-110	115-105	110-100	105-95	100-90	90-80	85-75	85-75
4-5	-	120-110	120-110	110-100	105-95	100-90	90-80	90-80	85-75	85-75
5-6	-	-	115-105	110-100	105-95	100-90	90-80	90-80	85-75	85-75
6-7	-	-	100-90	90-80	85-75	85-75	80-70	80-70	75-65	75-65
7-8	-	-	100-90	90-80	85-75	85-75	80-70	75-65	70-60	70-60
Перервна обробка, обробка по корці										
До 2	-	110-100	105-95	100-90	95-85	85-75	-	-	-	-
2-4	-	95-85	90-80	85-75	85-75	80-70	75-65	-	-	-
4-6	-	95-85	85-75	80-70	75-65	65-60	65-55	65-55	60-50	55-45
6-8	-	80-70	70-60	70-60	65-55	65-55	60-50	60-50	55-45	55-45

Таблиця 2.9 - Швидкості різання при точінні алюмінієвих сплавів

Глибина різання, мм	Подача, мм/об						
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
До 1	795-740	690-640	600-560	540-500	495-460	465-430	435-400
1-2	740-690	630-590	550-510	495-460	450-420	420-390	395-370
2-3	690-645	570-530	505-470	450-420	405-380	380-36-	360-335
3-4	655-610	540-505	480-450	430-400	380-360	360-335	335-315
4-5	615-575	510-475	460-425	405-380	370-345	345-320	320-300

Таблиця 2.10 - Значення коефіцієнта  $k_1$ 

Оброблюваний матеріал	Сталь				Чавун				Алюмінієві сплави			
	До 156	156-179	179-229	229-269	120-140	140-200	160-230	180-240	10-20	20-30	30-40	40-50
$k_1$	1,4	1,2	1,0	0,8	1,3	1,0	0,85	0,7	1,2	1,0	0,8	0,65

Таблиця 2.11 - Значення коефіцієнта  $k_2$ 

Оброблюваний матеріал	Чавун		Алюмінієві сплави	
	сірий	ковкий	литійний	дюралюміній
$k_2$	1,0	1,3	1,0	1,5

Таблиця 2.12 - Значення коефіцієнта  $k_3$ 

Глибина різання, мм	Оброблюваний матеріал												
	Сталь			Чавун				Алюмінієві сплави					
	Інструментальний матеріал												
	T15K6	T14K8	T5K10	ВOK-60	ВК3-М	ВК4	ВК6	ВК8	ВOK-60	ВК-3М	ВК4	ВК6	ВК8
До 2	1,0	0,8	0,7	1,7	1,0	0,9	0,85	–	2,8	1,1	–	–	–
2-6	1,25	1,0	0,85	1,4	1,2	1,0	1,0	0,85	3,2	–	1,0	1,0	0,85
Більше 6	–	1,1	1,0	–	–	–	1,1	1,0	–	–	–	–	–

Таблиця 2.13 - Значення коефіцієнта  $k_4$ 

Період стійкості, хв	15-20	30-40	40-50	60-70	100-120
$k_4$	1,2	1,0	0,95	0,8	0,65

Таблиця 2.14 - Значення коефіцієнта  $k_5$ 

Вид обробки	Розточування		Поперечне точіння		
	d, мм		d <sub>min</sub> / d <sub>max</sub>		
	≥ 75	<75	0-0,5	0,5-0,7	0,7-1,0
$k_5$	1	0,85	1,35	1,25	1,05

## ГЛАВА 3

### ПРИКЛАД РОЗРОБКИ УПРАВЛЯЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 16К20Т1

#### 3.1 Розрахунок розмірних ланцюгів

Під час механічної обробки необхідно отримати деталь, зображену на рис. 3.1. З креслення деталі вилучено поверхні, які обробляються на фрезерних, свердильних, зубо- та шліцеобробних верстатах. Деталь обробляється на токарному верстаті з ЧПУ мод.16К20Т1 після її обробки на фрезерно-центрувальному верстаті. Матеріал деталі - конструкційна сталь 45,  $\sigma_B = 610$  МПа. Базування деталі відбувається за допомогою патрона повідкового типу 7162-4004 та заднього центра типу 7032-0035.

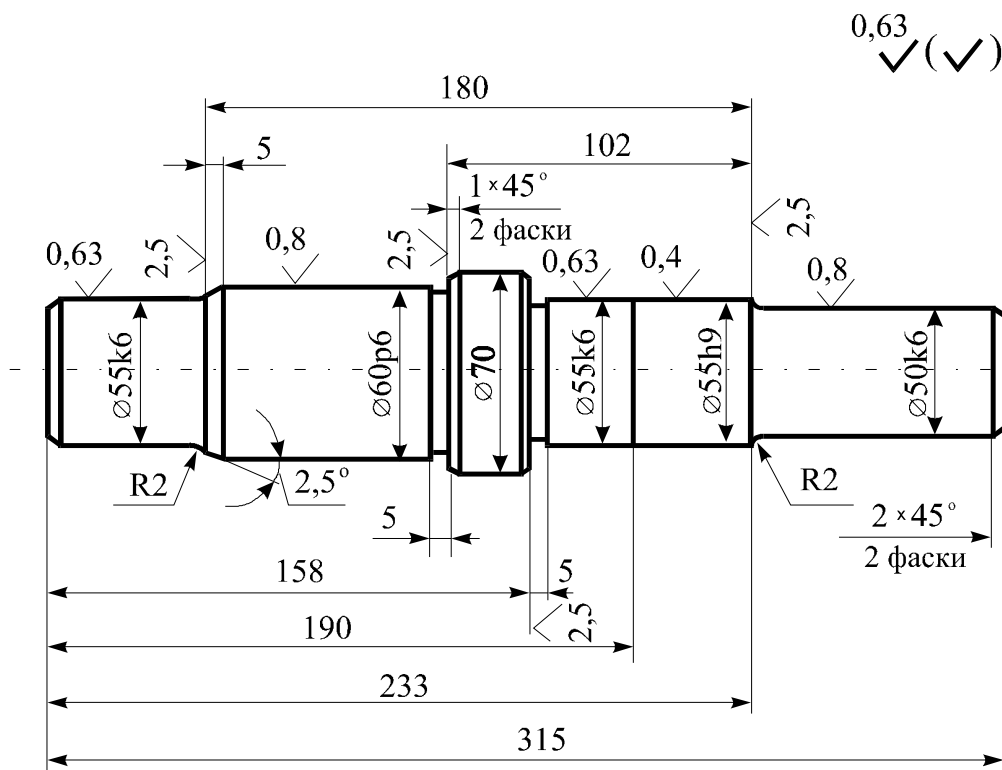


Рисунок 3.1 - Креслення деталі

Деталь обробляється за два установи. Оскільки за бази встановлено торці деталі, то потрібно провести перерахунок лінійних розмірів з

визначенням їх відхилень за допомогою методів розрахунку розмірних ланцюгів. Для цього необхідно опрацювати креслення деталі на технологічність та розмірний аналіз з метою раціонального проставлення розмірів.

На першому установі (рис. 3.2) система проставлення конструкторських розмірів відповідає системі проставлення технологічних розмірів при токарній обробці ступінчастого вала. На другому установі (рис. 3.3) система проставлення конструкторських розмірів не відповідає системі проставлення технологічних розмірів, що потребує визначення параметрів відсутніх операційних технологічних розмірів  $A_{T1}$  та  $A_{T2}$ .

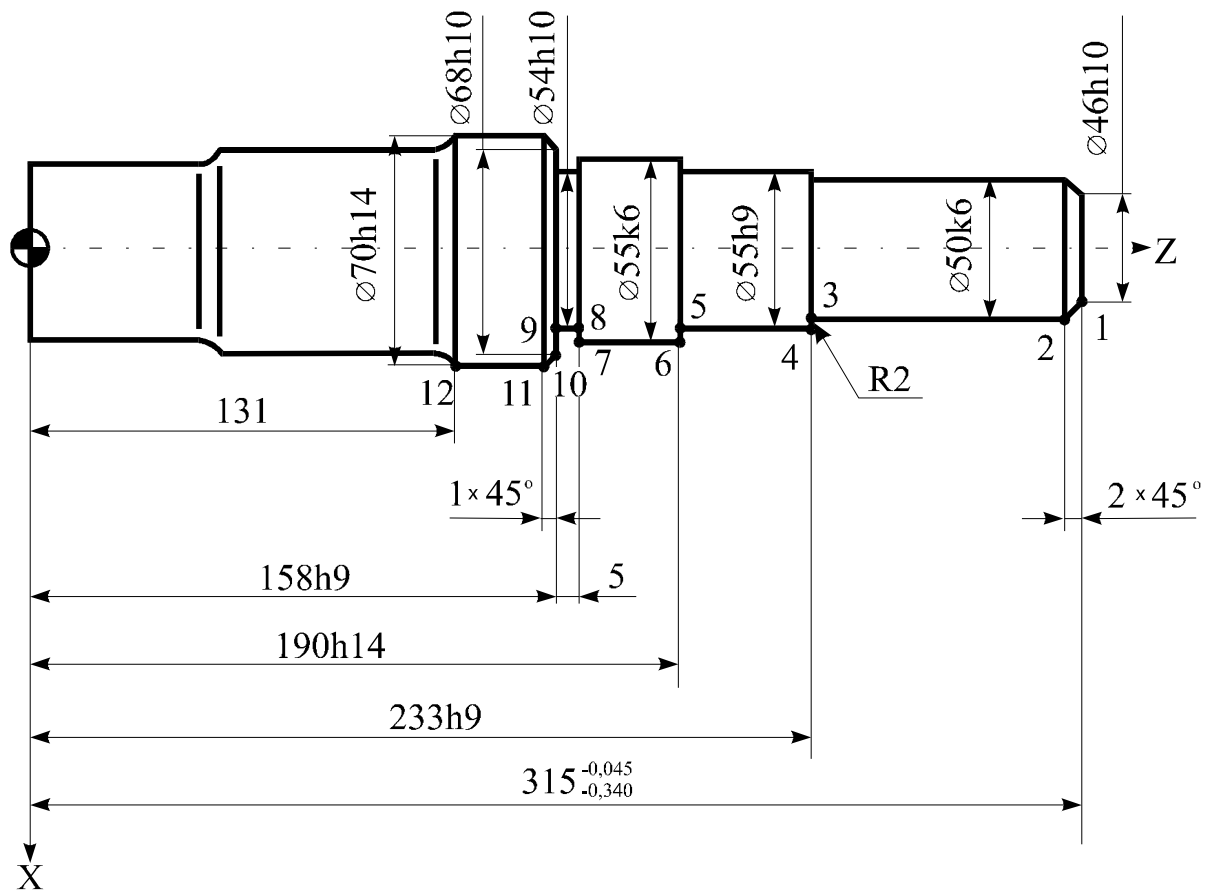


Рисунок 3.2 - Схема для розрахунку точок контуру деталі на першому установі

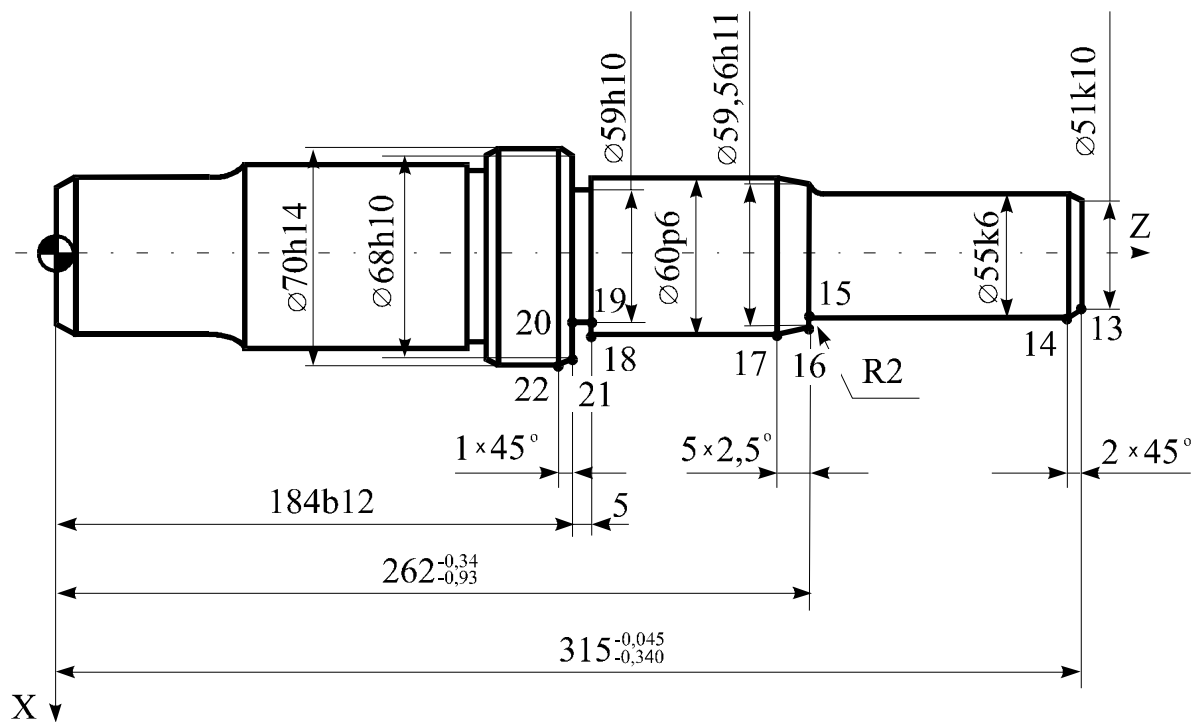


Рисунок 3.3 - Схема для розрахунку точок контуру деталі на другому установі

Розмір  $A_{T1}$  визначається з розмірного ланцюга РЛ1 (рис. 3.4,а), за замикальну ланку якого приймається розмір креслення [102], що знімається з операційного ескізу.

Розмір  $A_{T2}$  визначається з розмірного ланцюга РЛ2 (рис. 3.4,б), за замикальну ланку якого приймається розмір креслення [180], який також знімається з операційного ескізу і забезпечується автоматично. Оскільки розмір 82 (рис. 3.4,в) безпосередньо при обробці ступінчастого вала не витримується (він є замикальною ланкою конструкторського розмірного ланцюга РЛ3), потрібне сумісне розв'язання трьох розмірних ланцюгів: РЛ1, РЛ2, РЛ3 (рис. 3.4,г).

В першу чергу розв'язується розмірний ланцюг РЛ1, бо він має мінімальний допуск замикальної ланки. Отримані граничні відхилення ES82 і EI82 при розв'язанні РЛ1 підставляються в РЛ2 як відомі параметри складової ланки і визначаються параметри шуканого технологічного розміру  $A_{T2}$  (262). Потім розв'язується розмірний ланцюг РЛ3, в якому розмір [82] приймається за замикальну ланку.



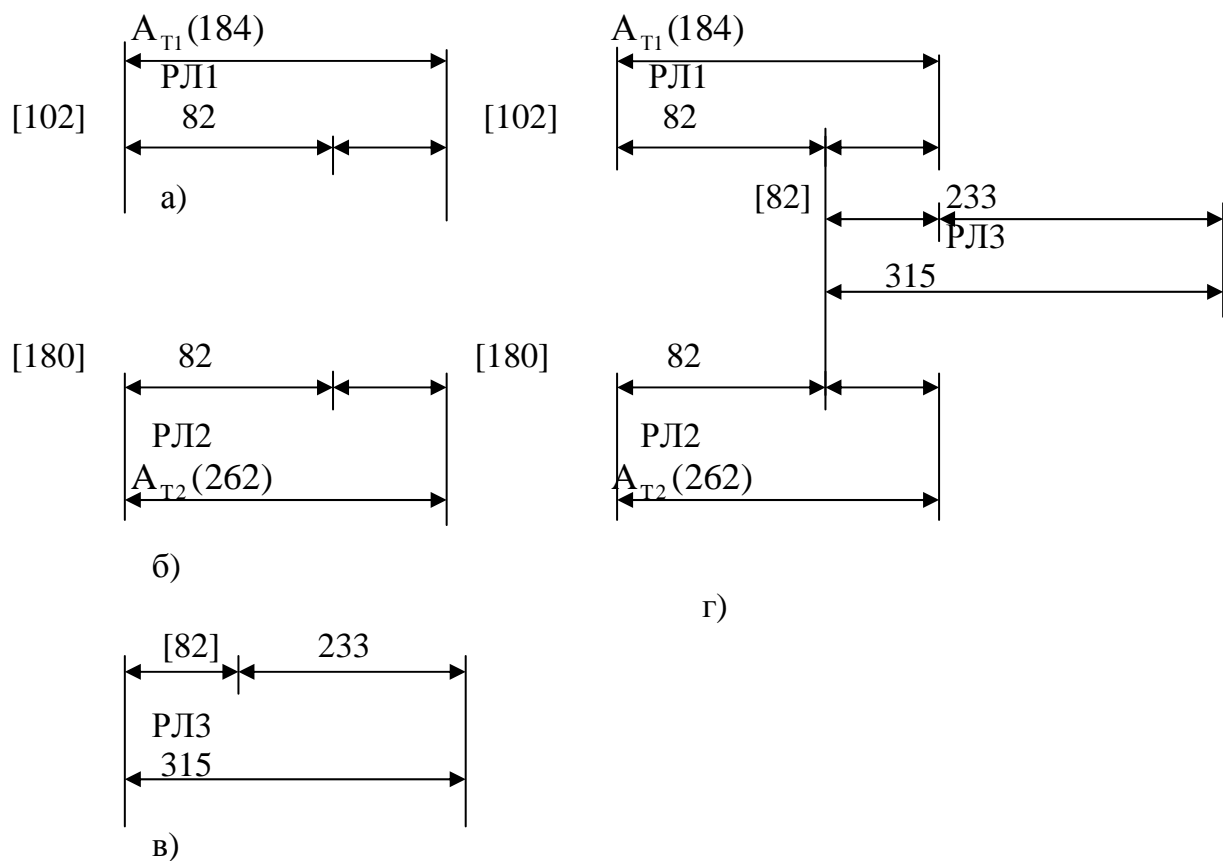


Рисунок 3.4 - Розмірні ланцюги

Розв'язання РЛ1. Номінали складових ланок розмірного ланцюга РЛ1 потрапляють до різних інтервалів розмірів, тому при розв'язанні необхідно застосовувати спосіб рівної точності. Для цього визначається середнє значення коефіцієнта точності

$$a_{\text{сер}} = \frac{T_{102}}{i_1 + i_2} = \frac{870}{2,17 + 2,89} = 171,94 ,$$

де  $T_{102}$  – допуск розміру 102 за 14 квалітетом (табл. 3.1);

$i_1, i_2$  – значення одиниці допусків для розмірів складових ланок 82 і 184 (табл. 3.2).

Замість розрахованого значення  $a_{\text{сер}}$  приймається найближче до стандартного  $a = 160$  (табл. 3.3), що відповідає допуску IT12. Значення номіналу збільшувальної ланки  $A_{T1}$  визначається з рівняння номіналів:

$$[102] = A_{T1} - 82 ,$$

$$A_{T1} = 102 + 82 = 184 .$$

Для визначення граничних відхилень  $ES_{A_{T1}}$ ,  $EI_{A_{T1}}$  технологічного розміру  $A_{T1}$  складають рівняння граничних відхилень замикальної ланки:

$$ES_{102} = ESA_{T1} - EI_{82} ,$$

$$ESA_{T1} = ES_{102} + EI_{82} = 0 - 0,35 = -0,35 .$$

Для розміру 82 приймається одностороннє розташування поля допуску, що відповідає  $h12(-0,35)$  згідно з ГОСТ 25347-82:

$$EI_{102} = EIA_{T1} - ES_{82} ,$$

$$EIA_{T1} = EI_{102} + ES_{82} = -0,87 + 0 = -0,87 .$$

У результаті  $A_{T1} = 184 \begin{smallmatrix} -0,35 \\ -0,87 \end{smallmatrix}$ .

Приймається близьке стандартне поле допуску  $b12$ . Тоді маємо:

$$A_{T1} = 184b12 \begin{smallmatrix} -0,34 \\ -0,80 \end{smallmatrix} .$$

Перевіряється виконання граничних відхилень замикальної ланки  $102h14(-0,87)$  для прийнятих стандартних полів допусків складових ланок  $82h12(-0,35)$  і  $184b12 \begin{smallmatrix} -0,34 \\ -0,80 \end{smallmatrix}$ :

$$102h14(-0,87) = 184b12 \begin{smallmatrix} -0,34 \\ -0,80 \end{smallmatrix} - 82h12(-0,35) ,$$

$$ES_{102} = ES_{184} - EI_{82} = -0,34 - (-0,35) = +0,01 ,$$

$$EI_{102} = EI_{184} - ES_{82} = -0,80 - 0 = -0,80 .$$

У результаті маємо:  $102 \begin{smallmatrix} +0,01 \\ -0,80 \end{smallmatrix}$ , що не відповідає полю допуску розміру креслення  $102h14(-0,87)$ . У цьому випадку необхідно виконати корекцію граничних відхилень розміру 82. Для цього розв'язуються рівняння граничних відхилень, складені для замикальної ланки [102]:

$$ES_{102} = ESA_{T1} - EI_{82} ,$$

$$EI_{82} = ES_{102} + EI_{82} = 0 + (-0,34) = -0,34 ,$$

$$EI_{102} = EIA_{T1} - ES_{82} ,$$

$$ES_{82} = EIA_{T1} - EI_{102} = -0,80 - (-0,87) = +0,07 .$$

Таким чином, розв'язавши РЛ1, отримуємо:

$$A_{T1} = 184b12\left(\begin{smallmatrix} -0,34 \\ -0,80 \end{smallmatrix}\right); 82\begin{smallmatrix} +0,07 \\ -0,34 \end{smallmatrix} .$$

Правильність розв'язку перевіряється за рівнянням допусків замикальної ланки:

$$T_{102} = 0,87 = T_{182} + T_{82} = 0,46 + 0,41 = 0,87 .$$

Розв'язання РЛ2 аналогічне розв'язанню РЛ1:

$$a_{\text{сер}} = \frac{T_{180}}{i_1 + i_2} = \frac{1000}{2,17 + 3,23} = 185,19 .$$

Приймаємо близьке стандартне значення  $a = 160$ , що відповідає допуску IT12. Параметри технологічного розміру  $A_{T2}$  визначаються з повного рівняння розмірного ланцюга, складеного відносно замикальної ланки [180]:

$$180h14\left(\begin{smallmatrix} -1,0 \\ -1,0 \end{smallmatrix}\right) = A_{T2} \begin{smallmatrix} ES \\ EI \end{smallmatrix} - 82\begin{smallmatrix} +0,07 \\ -0,34 \end{smallmatrix} .$$

З рівняння номіналів маємо:

$$A_{T2} = 180 + 82 = 262 .$$

З рівнянь граничних відхилень маємо:

$$ES_{180} = ESA_{T2} - EI_{82} ,$$

$$ESA_{T2} = ES_{180} + EI_{82} = 0 + (-0,34) = -0,34 ,$$

$$EI_{180} = EIA_{T2} - ES_{82} ,$$

$$EIA_{T2} = EI_{180} + ES_{82} = -1,0 + 0,07 = -0,93 ,$$

$$A_{T2} = 262\begin{smallmatrix} -0,34 \\ -0,93 \end{smallmatrix} .$$

Приймається близьке стандартне значення поля допуску технологічного розміру  $A_{T2}$ :

$$A_{T2} = 262c12\left(\begin{smallmatrix} -0,30 \\ -0,82 \end{smallmatrix}\right) .$$

Проводиться перевірка виконання граничних відхилень замикальної ланки  $180_{-1,0}$ :

$$ES_{180} = ESA_{T2} - EI_{82} ,$$

$$ES_{180} = 0 \neq -0,3 - (-0,34) = +0,04 .$$

Умова  $ES_{180} \leq 0$  не виконується, тому залишаються розраховані значення  $A_{T2} = 262_{-0,93}^{-0,34}$ . Таким чином, з розв'язку РЛ2 маємо:

$$A_{T2} = 262_{-0,93}^{-0,34} ; 82_{-0,34}^{+0,07} ; 180_{-1,0} .$$

Правильність розв'язку перевіряється за рівнянням допусків замикальної ланки:

$$T_{180} = 1,0 = T_{262} + T_{82} = 0,59 + 0,41 = 1,0 .$$

Розв'язання РЛ3:

$$a_{\text{сер}} = \frac{0,41}{2,89 + 3,23} = 57,19 .$$

Близьке стандартне значення  $a = 40$ , що відповідає допуску ІТ9. Для складового розміру 233 (див. рис. 3.2) приймається стандартне поле допуску h9. Тоді маємо:

$$233h9(-0,115) .$$

Граничні відхилення технологічного розміру  $315_{EI}^{ES}$  отримуються з розв'язання РЛ3 відносно замикальної ланки [82]:

$$82_{-0,34}^{+0,07} = 315_{EI}^{ES} - 233h9(-0,115) ,$$

$$ES_{82} = ES_{315} - EI_{233} ,$$

$$ES_{315} = ES_{82} + EI_{233} = +0,07 - 0,115 = -0,045 ,$$

$$EI_{82} = EI_{315} - ES_{233} ,$$

$$EI_{315} = EI_{82} + ES_{233} = -0,34 + 0 = -0,34 .$$

Отримуємо:  $315_{-0,340}^{-0,045}$  .

Правильність розв'язку РЛ3 перевіряється за рівнянням допусків замикальної ланки:

$$T_{82} = 0,41 = T_{233} + T_{315} = 0,115 + 0,295 = 0,41 .$$

З розв'язку РЛ3 отримані наступні параметри ланок:

$$233h9(-0,115) ; 315_{-0,340}^{-0,045} ; 82_{-0,34}^{+0,07} .$$

Таблиця 3.1 - Допуски, мкм

Розмір, мм	Квалітет								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3 - 6	8	12	18	30	48	75	120	180	300
6 - 10	9	15	22	36	58	90	150	220	360
10 - 18	11	18	27	43	70	110	180	270	430
18 - 30	13	21	33	52	84	130	210	330	520
30 - 50	16	25	39	62	100	160	250	390	620
50 - 80	19	30	46	74	120	190	300	460	740
80 - 120	22	35	54	87	140	220	350	540	870
120 - 180	25	40	63	100	160	250	400	630	1000
180 - 250	29	46	72	115	185	290	460	720	1150
250 - 315	32	52	81	130	210	320	520	810	1300
315 - 400	36	57	89	140	230	360	570	890	1400
400 - 500	40	63	97	155	250	400	630	970	1550

Таблиця 3.2 – Значення одиниць допусків

Інтервал номіналь- них роз- мірів	Більше – до											
	3	6	10	28	30	50	80	120	180	250	315	400
	6	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500
Значення і, мкм	0,73	0,9	1,08	1,31	1,56	1,86	2,17	2,52	2,8	3,23	3,64	4,00

Таблиця 3.3 – Значення коефіцієнта точності

Квалітет	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Коефіцієнт точності а	10	16	25	40	64	100	160	260	400	640

### 3.2 Розрахунок точок контуру деталі

Номери точок зображені на рис. 3.2 та 3.3, а результати розрахунку наведені в табл. 3.4. Граничні відхилення  $es$  та  $ei$  визначаються залежно від номінального розміру  $d$  або  $l$  та поля допуску за ГОСТ 25347-82. Середні розміри  $d_{сер}$  та  $l_{сер}$  розраховуються за такими формулами:

$$d_{сер} = d + \frac{es + ei}{2000},$$

$$l_{сер} = l + \frac{es + ei}{2000}.$$

Оскільки в ПЧПУ “Електроніка НЦ-31” ціна імпульсу 0,01 мм, то отримані значення  $d_{сер}$  та  $l_{сер}$  округляють до 0,01 мм.

Таблиця 3.4 - Розрахунок точок контуру деталі

Номер точки	d, мм	Поле доп.	es, мкм	ei, мкм	$d_{сер}$ , мм	l, мм	Поле доп.	es, мкм	ei, мкм	$l_{сер}$ , мм
1	46	h10	0	-100	45,95	315	-	-45	-340	314,81
2	50	k6	+18	+2	50,01	-	-	-	-	-
3	50	k6	+18	+2	50,01	-	-	-	-	-
4	55	h9	0	-74	54,96	233	h9	0	-115	232,94
5	55	h9	0	-74	54,96	190	h14	0	-1150	189,43
6	55	k6	+21	+2	55,01	190	h14	0	-1150	189,43
7	55	k6	+21	+2	55,01	-	-	-	-	-
8	54	h10	0	-120	53,94	-	-	-	-	-
9	54	h10	0	-120	53,94	158	h9	0	-100	157,95
10	68	h10	0	-120	67,94	158	h9	0	-100	157,95
11	70	h14	0	-740	69,63	-	-	-	-	-
12	70	h14	0	-740	69,63	131	-	-	-	-
13	51	h10	0	-120	50,94	315	-	-45	-340	314,81

### Продовження таблиці 3.4

Номер точки	d, мм	Поле доп.	es, мкм	ei, мкм	d <sub>сер</sub> , мм	l, мм	Поле доп.	es, мкм	ei, мкм	l <sub>сер</sub> , мм
14	55	k6	+21	+2	55,01	-	-	-	-	-
15	55	k6	+21	+2	55,01	-	-	-	-	-
16	59,56	h11	0	-190	59,47	262	-	-340	-930	261,37
17	60	p6	+51	+32	60,04	-	-	-	-	-
18	60	p6	+51	+32	60,04	-	-	-	-	-
19	59	h10	0	-120	58,94	-	-	-	-	-
20	59	h10	0	-120	58,94	184	b12	-340	-800	183,43
21	68	h10	0	-120	67,94	184	b12	-340	-800	183,43
22	70	h14	0	-740	69,63	-	-	-	-	-

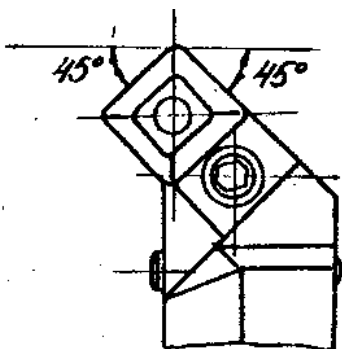
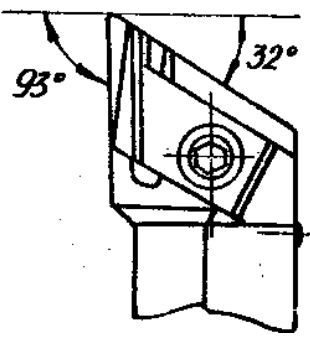
### 3.3 Вибір різального інструмента

На верстаті з ЧПУ моделі 16К20Т1 використовуються тільки праві різці з механічним кріпленням різальної пластини (табл. 3.5) спеціальної конструкції ВНДІ. Геометричні параметри різальної пластини (радіус при вершині та ширину канавкового різця) можна встановлювати залежно від потреб виготовлення деталі. При необхідності застосовуються різці інших геометричних параметрів, але вони повинні бути стандартизовані і мати певну форму держака. Інструментальний матеріал різальної пластини встановлюється залежно від матеріалу заготовки, що обробляється, та виду обробки.

Виходячи з цих відомостей будується схема знімання припуску (рис. 3.5) та встановлюється необхідна кількість та форма різального інструмента. Поверхні деталі, замкнені точками 2-3-4-5-6-7-10-11-12, 14-15-16-17-18-21, при чорновому точінні обробляються різцем К01-4079-000-39-2194-2521 з пластиною з інструментального матеріалу Т5К10, а при чистовому точінні – К01-4079-000-39-2194-2521 з пластиною з інструментального матеріалу Т15К6. Поверхні 7-8-9-10, 18-19-20-21 формуються при одноразовому точінні різцем К01-4115-000-39-2194-3041 з

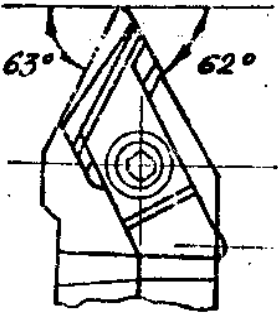
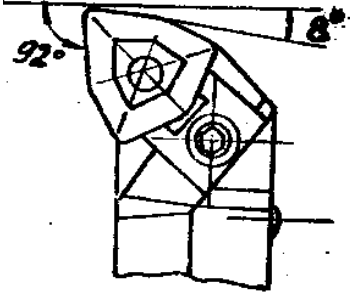
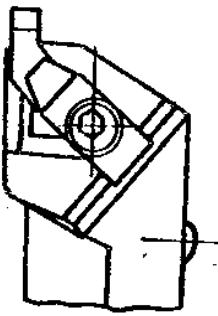
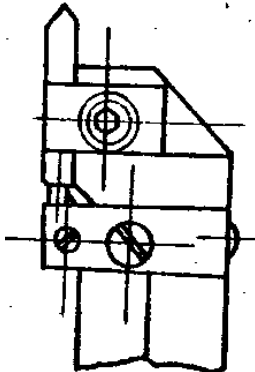
пластиною з інструментального матеріалу Т5К10. Поверхні 1-2, 10-11, 13-14, 21-22 формуються при одноразовому точінні різцем К01-4075-000-39-2194-1021 з пластиною з інструментального матеріалу Т5К10. Оскільки поверхні 3-4, 15-16 мають радіус R2, то отримати їх можна, якщо радіус при вершині різця К01-4079-000-39-2194-2521 буде дорівнювати 2 мм. Ширину різальної пластини різця К01-4115-000-39-2194-3041 встановлюють рівною 5 мм, оскільки цей різець формує поверхні 7-8, 9-10 та 18-19, 20-21, що знаходяться одна від одної на відстані 5 мм.

Таблиця 3.5- Різальний інструмент, що застосовується на верстаті моделі 16К20Т1

№	Ескіз різця	Номер креслення ВНДІ
1	 <p>The drawing shows a perspective view of a cutting tool. It features a diamond-shaped cutting edge with two 45-degree angles indicated by dashed lines and arcs. The tool has a central hole and a smaller hole below it. The drawing is a technical sketch showing the geometry of the cutting tool.</p>	<p>К01-4075-000 39-2194-1021</p>
2	 <p>The drawing shows a perspective view of a cutting tool. It features a cutting edge with a 93-degree angle on the left side and a 32-degree angle on the right side, both indicated by dashed lines and arcs. The tool has a central hole and a smaller hole below it. The drawing is a technical sketch showing the geometry of the cutting tool.</p>	<p>К01-4079-000 39-2194-2521</p>



Продовження таблиці 3.5

№	Ескіз різця	Номер креслення ВНДІ
3	 <p>A technical sketch of a cutting tool. It shows a cross-section with a top edge that is slightly curved. Two angles are indicated: 63° on the left side and 62° on the right side. The tool has a central hole and a smaller hole below it. The bottom edge is slightly wider than the top.</p>	<p>K01-4275-000 39-2194-2221</p>
4	 <p>A technical sketch of a cutting tool. It shows a cross-section with a top edge that is slightly curved. Two angles are indicated: 92° on the left side and 8° on the right side. The tool has a central hole and a smaller hole below it. The bottom edge is slightly wider than the top.</p>	<p>K01-4229-000 39-2194-1221</p>
5	 <p>A technical sketch of a cutting tool. It shows a cross-section with a top edge that is slightly curved. The tool has a central hole and a smaller hole below it. The bottom edge is slightly wider than the top.</p>	<p>K01-4115-000 39-2194-3041</p>
6	 <p>A technical sketch of a cutting tool. It shows a cross-section with a top edge that is slightly curved. The tool has a central hole and two smaller holes below it. The bottom edge is slightly wider than the top.</p>	<p>K01-4165-000 39-2194-4121</p>

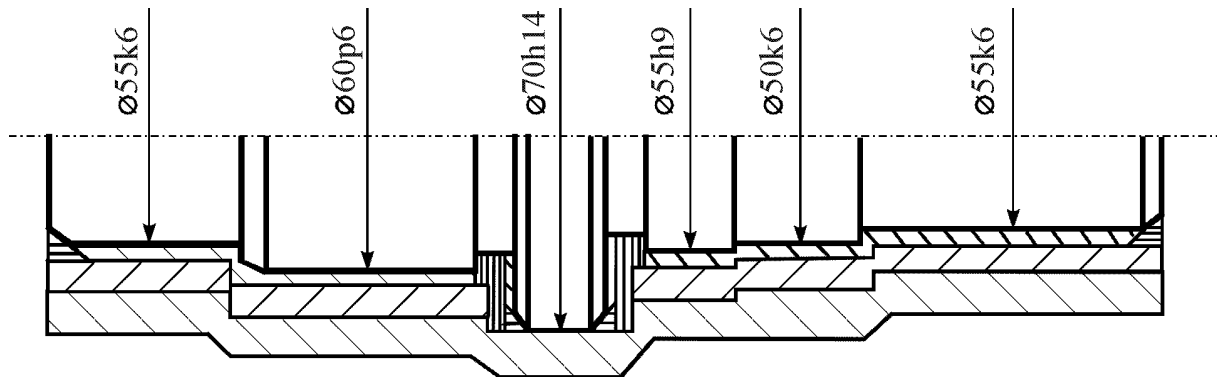


Рисунок 3.5 - Схема знімання припуску

### 3.4 Розрахунок проміжних розмірів та розмірів заготовки, що виготовлена штампуванням

Проміжні мінімальні припуски при обробці торців заготовки розраховують за формулою

$$z_{i \min} = (Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i ,$$

а при обробці діаметрів – за формулою

$$2z_{i \min} = 2[(Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}] ,$$

де  $Rz_{i-1}$  – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

$h_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma i-1}$  – сумарне відхилення розташування поверхонь;

$\varepsilon_i$  – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

У випадку, коли обробка деталі ведеться у центрах з використанням патрона повідкового штир'явого, похибка встановлення заготовки  $\varepsilon_i$  дорівнює нулю, тобто з розрахунків вилучається.

Значення висоти нерівностей профілю  $Rz$  та глибини дефектного поверхневого шару поковок, що виготовлені штампуванням,  $h$  зазначені у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Якість поверхні поковок, що виготовлені штампуванням

Маса поковки, кг			$R_Z$ , мкм	h, мкм
До 0,25			80	150
Більше	0,25	до 4	160	200
Більше	4	до 25	200	250
Більше	25	до 40	250	300

Значення висоти нерівностей профілю  $R_Z$  та глибини дефектного поверхневого шару h заготовок після механічної обробки наведені у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 - Точність та якість поверхні штампованих поковок після механічної обробки валів ступінчастих

Спосіб обробки	Квалітет	$R_Z$ , мкм	h, мкм
Точіння зовнішніх поверхонь:			
одноразове	11–12	32	30
чорнове	12	50	50
чистове	11	25	25
тонке	7–9	5	5
Підрізка торцевих поверхонь:			
чорнова	12	50	50
чистова	11	32	30
Шліфування:			
одноразове	7–9	5	10
чорнове	8–9	10	20
чистове	6–7	5	15
тонке	5–6	2,5	5

Сумарне відхилення розташування поверхонь розраховується як середньоквадратичне відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності, перетину осей, позиційне. У деяких випадках враховується відхилення форми поверхні, тобто відхилення від пло-

щинності та прямолінійності на попередньому переході. Для спрощення розрахунків діаметральних розмірів приймаємо:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma \text{к}}^2 + \Delta_{\text{ц}}^2 + \Delta_{\text{шт}}^2} ,$$

де  $\Delta_{\Sigma \text{к}}$  - місцеве відхилення осі деталі від прямолінійності, мкм;

$\Delta_{\text{ц}}$  - зсув осі заготовки внаслідок похибки центрування, мкм;

$\Delta_{\text{шт}}$  - відхилення від співвісності елементів, що штампуються в різних половинах штампа, мкм (табл. 3.9).

Місьцеве відхилення осі деталі від прямолінійності при обробці деталі в центрах розраховують за формулою

$$\Delta_{\Sigma \text{к}} = \Delta_{\text{к}}(1 - l_x) ,$$

де  $\Delta_{\text{к}}$  – кривизна, мкм/мм (табл. 3.8);

$l$  – довжина заготовки, мм;

$l_x$  - довжина лівої точки діаметра, що розглядається, мм.

Таблиця 3.8 - Кривизна  $\Delta_{\text{к}}$  (мкм на 1 мм) поковок типу валів

Діаметр поковки D, мм	Після штампування	Після правки на пресах	Після термічної обробки в печах
До 25	4	0,20	2,5
Більше 25 до 50	3	0,15	1,5
Більше 50 до 80	2	0,12	1,5
Більше 80 до 120	1,8	0,10	1,0
Більше 120 до 180	1,6	0,08	1,0
Більше 180 до 260	1,4	0,06	–
Більше 260 до 360	1,2	–	–
Більше 360 до 500	1,0	–	–

Зсув осі заготовки внаслідок похибки центрування розраховують за формулою

$$\Delta_{\text{ц}} = 0,25T ,$$

де  $T$  – допуск на діаметральний розмір заготовки, що використовувався як базовий при центруванні, мкм.

При розрахунках лінійних розмірів

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma H}^2 + \Delta_{\text{шт}}^2} ,$$

де  $\Delta_{\Sigma H}$  – відхилення розташування торцевих поверхонь від перпендикулярності, мкм; у випадку, коли різниця суміжних діаметрів менше 100 мм, цей показник не враховується;

$\Delta_{\text{шт}}$  – відхилення від співвісності елементів, що штампуються в різних половинах штампа, мкм (див. табл. 3.9).

Таблиця 3.9 - Відхилення від співвісності  $\Delta_{\text{шт}}$  (мкм) елементів, що штампуються в різних половинах штампа, для поковок типу валів нормальної точності

Маса поковки, кг	Штампівка	
	на молотах	на пресах
До 0,25	400	300
Більше 0,25 до 0,63	500	400
Більше 0,63 до 1,6	600	500
Більше 1,60 до 2,5	800	600
Більше 2,50 до 4,00	1000	700
Більше 4,00 до 6,30	1100	800
Більше 6,30 до 10	1200	900
Більше 10 до 16	1300	1000
Більше 16 до 25	1400	1100
Більше 25 до 40	1600	1200

При розрахунку залишкового відхилення розташування заготовки після механічної обробки використовується коефіцієнт уточнення  $K_y$  (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 - Значення коефіцієнта уточнення

Технологічний перехід	$K_y$
Після обточування:	
одноразового	0,05
чорного	0,06
напівчистового	0,05
чистового	0,04
Після шліфування:	
чорного	0,03
чистового	0,02

Мінімальний та максимальний діаметри при обробці зовнішніх поверхонь заготовки розраховують за формулами

$$D_{\min i-1} = D_{\min i} + 2z_{\min i} ,$$

$$D_{\max i-1} = D_{\min i-1} + TD_{i-1} ,$$

а мінімальну та максимальну довжину при торцевій обробці за формулами

$$l_{\min i-1} = l_{\min i} + z_{\min i} ,$$

$$l_{\max i-1} = l_{\min i-1} + TD_{i-1} ,$$

де  $TD_{i-1}$  – допуск розмірів на попередньому переході; встановлюється залежно від якості та номінального розміру (див. табл. 3.1), а для поковки – залежно від маси, розмірів та ступеня складності.

Результати розрахунків зводять до табл. 3.11.

Таблиця 3.11 - Карта розрахунку проміжних розмірів

Технологічний маршрут обробки	Елементи припуску, мкм				$2z_{\min}$ , мкм	Квалітет	TD, мкм	Прийняті розміри, мм		
	$R_z$	h	$\Delta_\Sigma$	$\varepsilon$				$D_{\max}$	$D_{\min}$	$D_{\text{сер}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ø55k6 Поковка	200	250	1036	–	–	+1,7 –0,9	2600	61,202	58,602	$59,5^{+1,7}_{-0,9}$
Чорнове точіння	50	50	62	0	2972	12	300	55,930	55,630	55,78
Чистове точіння	25	25	41	0	324	11	190	55,496	55,306	55,40
Чорнове шліфув.	10	20	31	0	182	8	46	55,170	55,124	55,15
Чистове шліфув.	–	–	–	0	122	6	19	55,021	55,002	55,01
Ø60p6 Поковка	200	250	1063	–	–	+1,7 –0,9	2600	66,296	63,696	$64,5^{+1,7}_{-0,9}$
Чорнове точіння	50	50	64	0	3026	12	300	60,970	60,670	60,82
Чистове точіння	25	25	43	0	328	11	190	60,532	60,342	60,44

Продовження таблиці 3.11

Технологічний маршрут обробки	Елементи припуску, мкм				$2z_{\min}$ , мкм	Квалітет	TD, мкм	Прийняті розміри, мм		
	$R_z$	h	$\Delta_\Sigma$	$\varepsilon$				$D_{\max}$	$D_{\min}$	$D_{\text{сер}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Чорнове шліфув.	10	20	32	0	186	8	46	60,202	60,156	60,18
Чистове шліфув.	–	–	–	0	124	6	19	60,057	60,032	60,04
Ø50k6										
Поковка	200	250	1043	–	–	+1,6 –0,8	2400	56,020	53,620	54,5 <sup>+1,6</sup> <sub>–0,8</sub>
Чорнове точіння	50	50	63	0	2986	12	250	50,884	50,634	50,76
Чистове точіння	25	25	42	0	326	11	160	50,468	50,308	50,39
Чорнове шліфув.	10	20	31	0	184	8	39	50,163	50,124	50,14
Чистове шліфув.	–	–	–	0	122	6	16	50,018	50,002	50,01
Ø55h9										
Поковка	200	250	1078	–	–	+1,7 –0,9	2600	61,098	58,498	59,5 <sup>+1,7</sup> <sub>–0,9</sub>
Чорнове точіння	50	50	65	0	3056	12	300	55,742	55,442	55,59
Чистове точіння	25	25	43	0	330	11	190	55,302	55,112	55,21
Шліфування	–	–	–	0	186	9	74	55,0	54,926	54,96
Ø70h14										
Поковка	200	250	1094	–	–	+1,7 –0,9	2600	74,948	72,348	73 <sup>+1,7</sup> <sub>–0,9</sub>
Чорнове точіння	–	–	–	0	3088	14	740	70,0	69,260	69,63

Продовження таблиці 3.11

Технологічний маршрут обробки	Елементи припуску, мкм				$Z_{\min}$ , мкм	Квалітет	TD, мкм	Прийняті розміри, мм		
	$R_z$	$h$	$\Delta_{\Sigma}$	$\varepsilon$				$l_{\max}$	$l_{\min}$	$l_{\text{сер}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
158h9 Поковка	200	250	800	–	–	+1,9 –1,0	2900	162,292	159,392	$160^{+1,9}_{-1,0}$
Підрізка чорнова	50	50	48	0	1250	12	400	158,542	158,142	158,34
Підрізка чистова	32	30	32	0	148	11	250	158,244	157,994	158,12
Підшли- фовка	–	–	–	0	94	9	100	158,0	157,900	157,95
233h9 Поковка	200	250	800	–	–	+2,1 –1,1	3200	237,577	234,377	$235,5^{+2,1}_{-1,1}$
Підрізка чорнова	50	50	48	0	1250	12	460	233,587	233,127	233,36
Підрізка чистова	32	30	32	0	148	11	290	233,269	232,979	233,12
Підшли- фовка	–	–	–	0	94	9	115	233,0	232,885	232,94
184b12 Поковка	200	250	800	–	–	+2,1 –1,1	3200	187,892	184,692	$186^{+2,1}_{-1,1}$
Підрізка чорнова	50	50	48	0	1250	12	460	183,888	183,442	183,67
Підрізка чистова	32	30	32	0	148	12	460	183,754	183,294	183,52
Підшли- фовка	–	–	–	0	94	12	460	183,660	183,200	183,43
$262^{-0,34}_{-0,93}$ Поковка	200	250	800	–	–	+2,2 –1,4	3600	266,068	262,468	$264^{+2,2}_{-1,4}$
Підрізка чорнова	50	50	48	0	1250	12	520	261,738	261,218	261,48
Підшли- фовка	–	–	–	0	148	-0,34 -0,93	590	261,660	261,070	261,37



### 3.5 Розрахунок режимів різання

Режими різання розраховують для кожного з переходів. Подачу при чорновому зовнішньому точінні різцями з пластинами з твердого сплаву вибирають з табл. 2.1-2.4, або з табл. 3.12, а при чистовому точінні – з табл. 2.5.

Таблиця 3.12 - Подачі при чорновому точінні

Діаметр деталі, мм	Подача S, мм/об при глибині різання t, мм	
	До 3	Більше 3 до 5
До 20	0,3–0,4	–
Більше 20 до 40	0,4–0,5	0,3–0,4
Більше 40 до 60	0,5–0,9	0,4–0,8
Більше 60 до 100	0,6–1,2	0,5–1,1
Більше 100 до 400	0,8–1,3	0,7–1,2

Поправочний коефіцієнт на подачу при чистовому точінні залежно від міцності оброблюваного матеріалу вибирають з табл. 2.6

При обробці пазів, канавок та фасок подачу вибирають з табл. 3.13.

Таблиця 3.13 - Подачі при обробці пазів

Діаметр обробки, мм	Ширина паза, мм	Подача S, мм/об
До 20	3	0,06–0,08
Більше 20 до 40	3–4	0,1 – 0,12
Більше 40 до 60	4–5	0,13–0,16
Більше 60 до 100	5–8	0,16–0,23
Більше 100 до 150	6–10	0,18–0,26
Більше 150	10–15	0,28–0,36

Швидкість різання V, м/хв, у випадку, якщо встановлена подача  $S \leq 0,3$  мм/об, розраховують за формулою

$$V = \frac{420}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}} k_v,$$

де T – стійкість різця; встановлюється в інтервалі 30–60 хвилин;  
t – глибина різання, мм;

$S$  – подача, мм/об.

Швидкість різання  $V$ , м/хв, у випадку, якщо встановлена подача  $S$  знаходиться в інтервалі 0,3–0,7 мм/об, розраховують за формулою

$$V = \frac{350}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} k_V ,$$

а якщо встановлена подача перевищує 0,7 мм/об , то – за формулою

$$V = \frac{340}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}} k_V .$$

При прорізання канавок, пазів та обробці фасок швидкість різання розраховують за формулою

$$V = \frac{47}{T^{0,18} \cdot S^{0,8}} k_V .$$

Поправочний коефіцієнт  $k_V$  на швидкість різання встановлюють за табл. 3.14.

Таблиця 3.14 - Значення поправочного коефіцієнта на швидкість різання  
( $k_V = k_{MV} \cdot k_{nV} \cdot k_{iV} \cdot k_{\phi V}$ )

$k_{MV} = \frac{750}{\sigma_B}$		Обробка конструкційних сталей твердосплавними різцями
$k_{nV}$	1,0	Поверхня заготовки без корки
	0,9	Прокат з коркою
	0,8	Поковка з коркою
$k_{iV}$	0,35	T5K12B
	0,65	T5K10
	0,8	T14K8
	1,0	T15K6
$k_{\phi V}$	0,87	Різець № 1
	0,64	Різець № 2
	0,72	Різець № 3
	0,7	Різець № 4

Результати розрахунків зводять до табл. 3.15.

Таблиця 3.15 - Карта режимів різання

Перехід	D <sub>1</sub> , мм	D <sub>2</sub> , мм	t, мм	S, мм/об	k <sub>v</sub>	V, м/хв	n <sub>p</sub> , об/хв	n <sub>вер</sub> , об/хв
Установ 1								
Чорновий	56,1	50,76	2,67	0,5	0,41	70	397	355
Чорновий	74,7	69,63	2,54	0,6	0,41	66	281	250
Чистовий	55,78	55,40	0,19	0,25	0,79	247	1410	1400
Прорізання канавки	69,63	53,94	5	0,16	0,8	78	357	355
Обробка фаски	50,39	45,95	2	0,13	0,7	81	512	500
Обробка фаски	69,63	67,94	1	0,16	0,7	68	311	355
Установ 2								
Чорновий	66,2	60,82	2,69	0,6	0,41	65	313	355
Чистовий	60,82	60,44	0,19	0,25	0,79	247	1293	1000
Прорізання канавки	69,63	58,94	5	0,16	0,8	78	357	355
Обробка фаски	55,40	50,94	2	0,13	0,7	81	465	500
Обробка фаски	69,63	67,94	1	0,16	0,7	68	311	355

### 3.6 Побудова траєкторії переміщення різального інструмента, розрахунок основного та машинно-допоміжного часу

Основний час розраховують за формулою

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S},$$

де L – довжина робочого ходу на ділянці, що замкнена між опорних точок, мм;

n – частота обертів шпинделя, об/хв;

S – робоча подача, мм/об.

Машинно-допоміжний час, тобто час установочних ходів, що відбуваються на швидкій подачі, розраховують за формулою

$$t_{\text{м.д}} = \frac{L}{S_{\text{хв}}},$$

де  $L$  – довжина установочних переміщень на ділянці між опорних точок, мм;

$S_{\text{хв}}$  – швидкість установочних переміщень, мм/хв.

Траєкторія переміщення різального інструмента при чорновій обробці на установі 1 зображена на рис. 3.6, а розрахунок основного та машинно-допоміжного часу зведений до табл. 3.16.

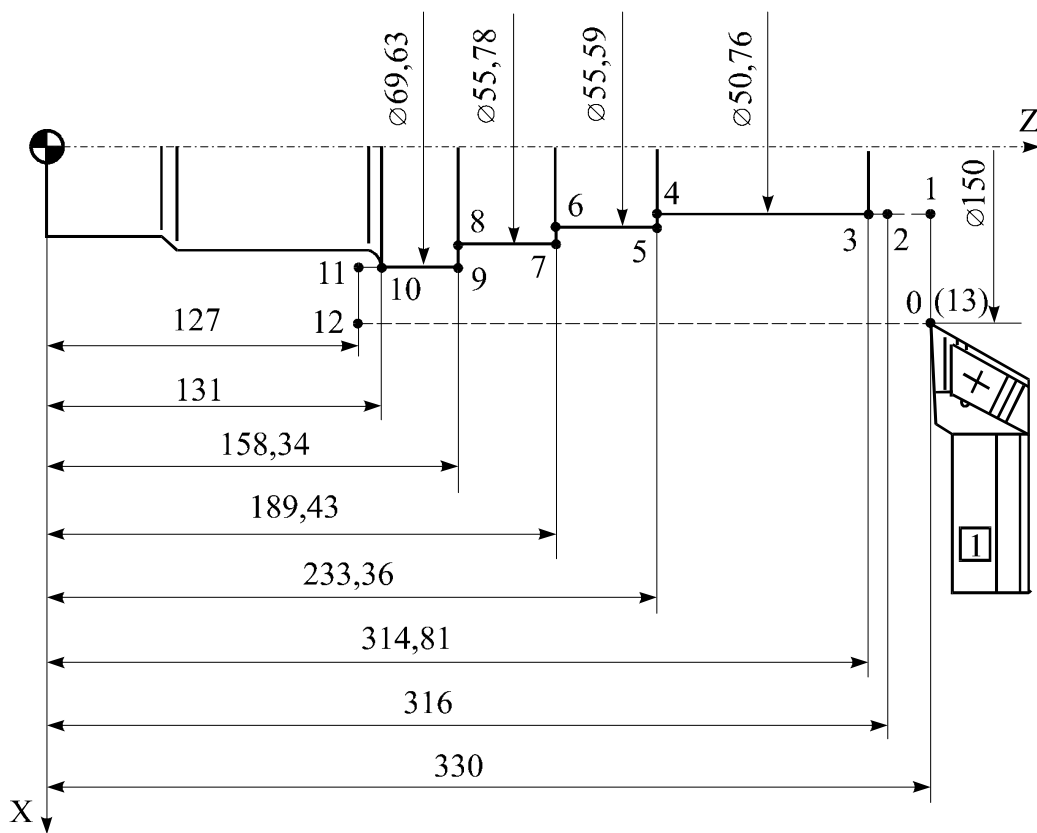


Рисунок 3.6 - Траєкторія переміщення різця при чорновій обробці на першому установі

Таблиця 3.16 - Розрахунок основного та машинно-допоміжного часу при чорновій обробці на установі 1

№ то-чок	D <sub>1</sub> , мм	D <sub>2</sub> , мм	l <sub>1</sub> , мм	l <sub>2</sub> , мм	L, мм	S, мм/об (мм/хв)	n, об/хв	t <sub>0</sub> , хв	t <sub>м.д.</sub> , хв
0-1	150	50,76	330	330	49,62	3000	-	-	-
1-2	50,76	50,76	330	316	14	3000	-	-	0,021
2-3	50,76	50,76	316	314,81	1,19	0,5	355	-	-
3-4	50,76	50,76	314,81	233,36	81,45	0,5	355	-	-
4-5	50,76	55,59	233,36	233,36	2,42	0,5	355	-	-
5-6	55,59	55,59	233,36	189,43	43,93	0,5	355	-	-
6-7	55,59	55,78	189,43	189,43	0,1	0,5	355	-	-
7-8	55,78	55,78	189,43	158,34	31,09	0,5	355	-	-
8-9	55,78	69,63	158,34	158,34	6,93	0,5	355	0,941	-
9-10	69,63	69,63	158,34	131	27,34	0,6	250	-	-
10-11	69,63	69,63	131	127	4	0,6	250	0,209	-
11-12	69,63	150	127	127	40,19	3000	-	-	-
12-13	150	150	127	330	203	3000	-	-	0,081

Траєкторія переміщення різального інструмента при чистовій обробці на установі 1 зображена на рис. 3.7, а розрахунок основного та машинно-допоміжного часу зведений до табл. 3.17.

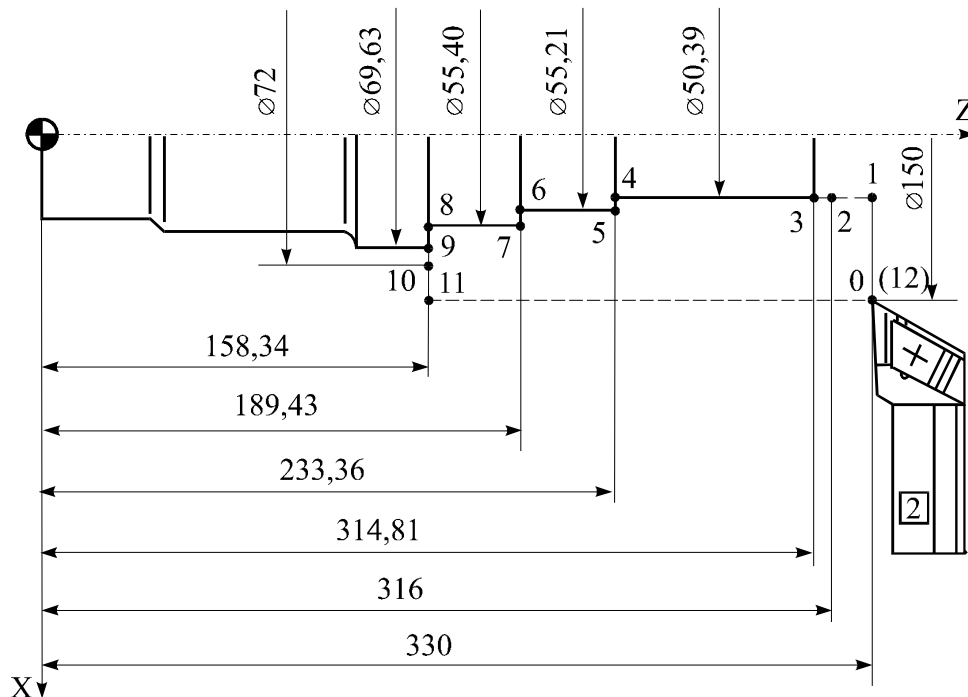


Рисунок 3.7 - Траєкторія переміщення різця при чистовій обробці на першому установі

Таблиця 3.17 - Розрахунок основного та машинно-допоміжного часу при чистовій обробці на установі 1

№ то-чок	D <sub>1</sub> , мм	D <sub>2</sub> , мм	l <sub>1</sub> , мм	l <sub>2</sub> , мм	L, мм	S, мм/об (мм/хв)	n, об/хв	t <sub>0</sub> , хв	t <sub>м.д.</sub> , хв
0-1	150	50,39	330	330	49,81	3000	-	-	-
1-2	50,39	50,39	330	316	14	3000	-	-	0,021
2-3	50,39	50,39	316	314,81	1,19	0,25	1400	-	-
3-4	50,39	50,39	314,81	233,12	81,69	0,25	1400	-	-
4-5	50,39	55,21	233,12	233,12	2,41	0,25	1400	-	-
5-6	55,21	55,21	233,12	189,43	43,69	0,25	1400	-	-
6-7	55,21	55,40	189,43	189,43	0,1	0,25	1400	-	-
7-8	55,40	55,40	189,43	158,34	31,09	0,25	1400	-	-
8-9	55,40	69,63	158,34	158,34	7,12	0,25	1400	-	-
9-10	69,63	72	158,34	158,34	1,19	0,25	1400	0,481	-
10-11	72	150	158,34	158,34	39	3000	-	-	-
11-12	150	150	158,34	330	171,66	3000	-	-	0,070

Траєкторія переміщення різального інструмента при прорізанні канавки на установі 1 зображена на рис. 3.8, а розрахунок основного та машинно-допоміжного часу зведений до табл. 3.18.

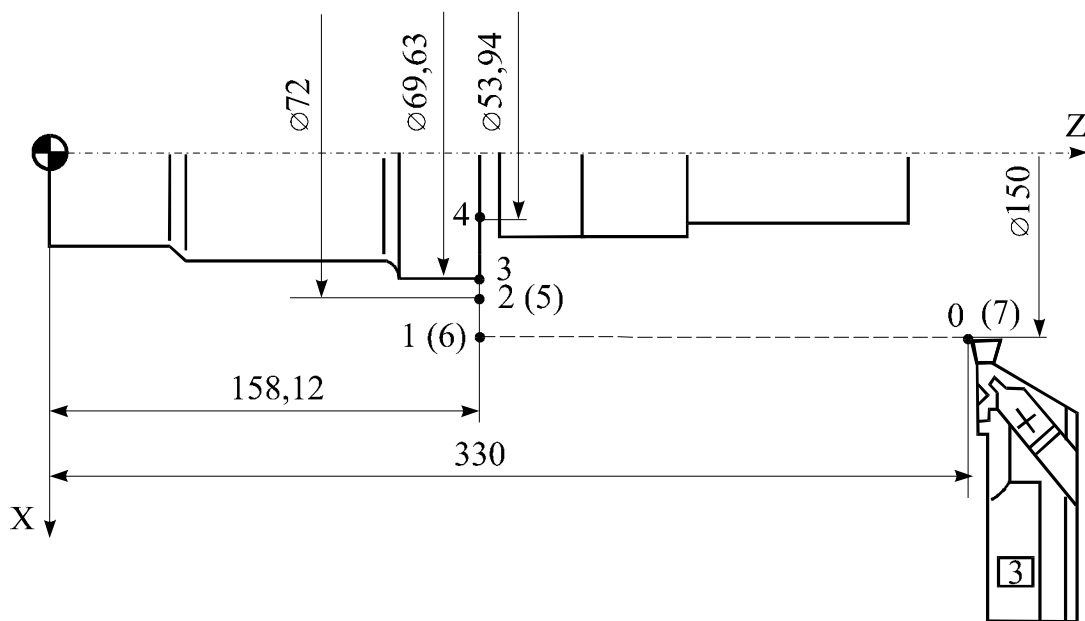


Рисунок 3.8 - Траєкторія переміщення різця при прорізанні канавки на першому установі

Таблиця 3.18 - Розрахунок основного та машинно-допоміжного часу при прорізанні канавки на установі 1

№ то-чок	D <sub>1</sub> , мм	D <sub>2</sub> , мм	l <sub>1</sub> , мм	l <sub>2</sub> , мм	L, мм	S, мм/об (мм/хв)	n, об/хв	t <sub>0</sub> , хв	t <sub>м.д.</sub> , хв
0-1	150	150	330	158,12	171,88	3000	-	-	-
1-2	150	72	158,12	158,12	39	3000	-	-	0,070
2-3	72	69,63	158,12	158,12	1,19	0,16	355	-	-
3-4	69,63	53,94	158,12	158,12	7,85	0,16	355	-	-
4-5	53,94	72	158,12	158,12	9,03	0,16	355	0,318	-
5-6	72	150	158,12	158,12	39	3000	-	-	-
6-7	150	150	158,12	330	171,88	3000	-	-	0,070

Траєкторія переміщення різального інструмента при обробці фасок на установі 1 зображена на рис. 3.9, а розрахунок основного та машинно-допоміжного часу зведений до табл. 3.19.

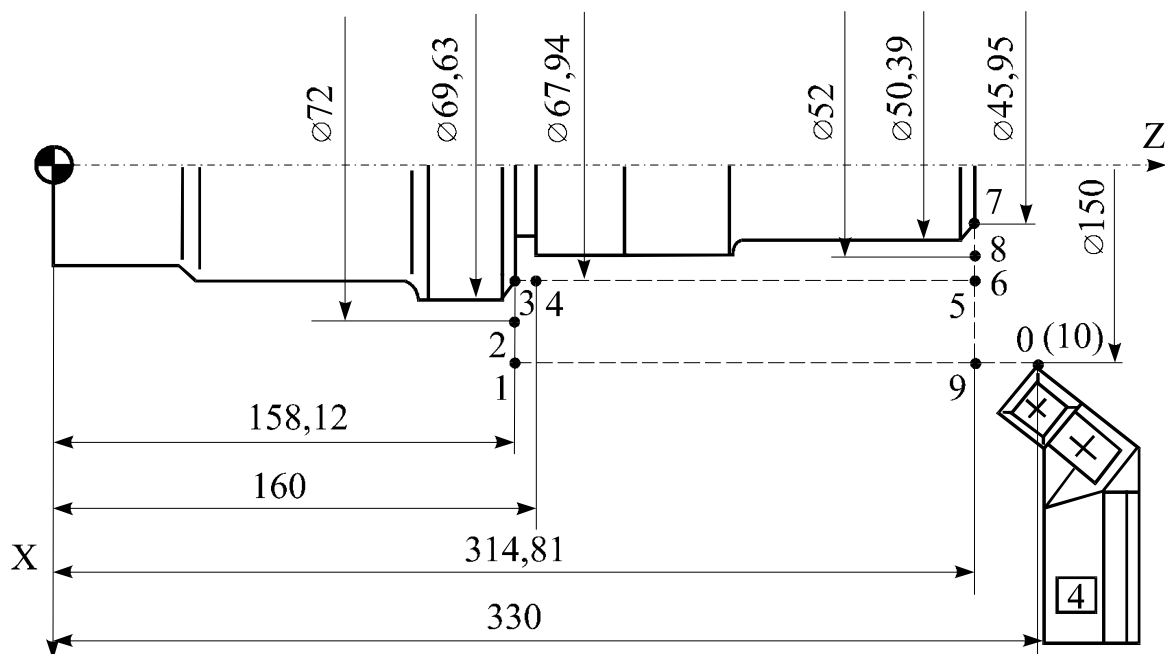


Рисунок 3.9 - Траєкторія переміщення різця при обробці фасок на першому установі

Таблиця 3.19 - Розрахунок основного та машинно-допоміжного часу при обробці фасок на установі 1

№ ТО-ЧОК	D <sub>1</sub> , мм	D <sub>2</sub> , мм	l <sub>1</sub> , мм	l <sub>2</sub> , мм	L, мм	S, мм/об (мм/хв)	n, об/хв	t <sub>0</sub> , хв	t <sub>м.д.</sub> , хв
0-1	150	150	330	158,12	171,88	3000	-	-	-
1-2	150	72	158,12	158,12	39	3000	-	-	0,070
2-3	72	67,94	158,12	158,12	2,03	0,16	355	-	-
3-4	67,94	67,94	158,12	160	1,88	0,16	355	0,102	-
4-5	67,94	67,94	160	314,81	154,81	3000	-	-	-
5-6	67,94	52	314,81	314,81	7,97	3000	-	-	0,054
6-7	52	45,95	314,81	314,81	3,03	0,13	500	-	-
7-8	45,95	52	314,81	314,81	3,03	0,13	500	0,093	-
8-9	52	150	314,81	314,81	49	3000	-	-	-
9-10	150	150	314,81	330	15,19	3000	-	-	0,021

Траекторія переміщення різального інструмента при чорновій обробці на установі 2 зображена на рис. 3.10, а розрахунок основного та машинно-допоміжного часу зведений до табл. 3.20.

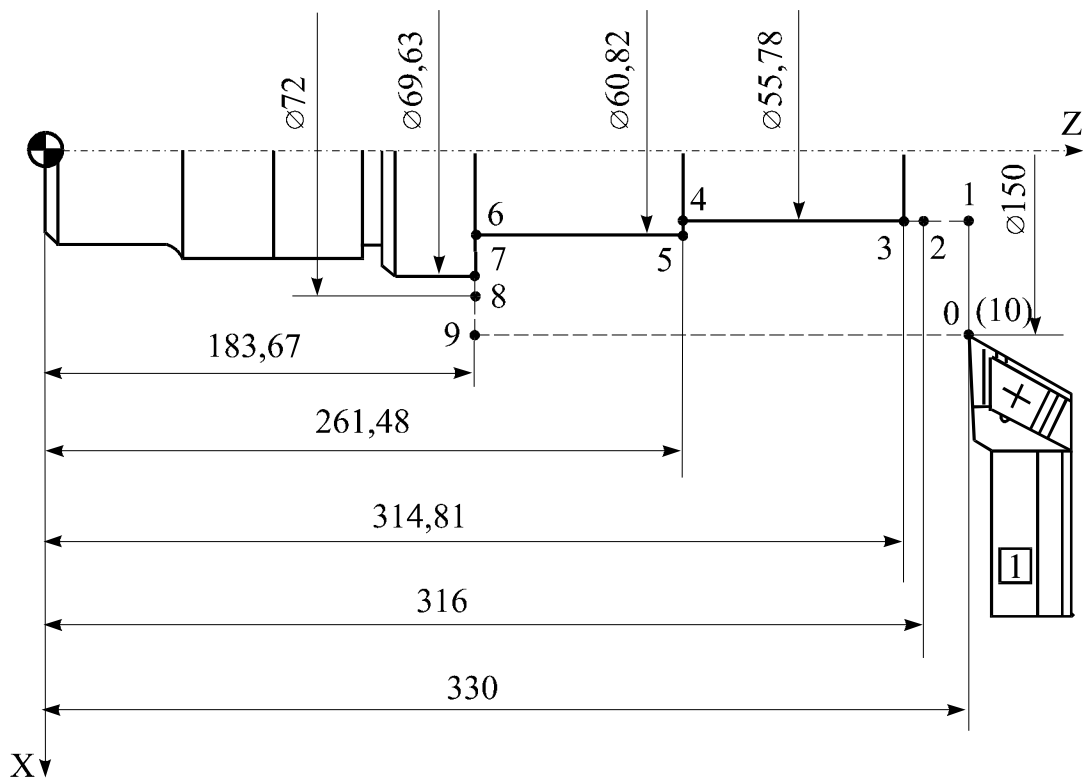


Рисунок 3.10 - Траекторія переміщення різця при чорновій обробці на другому установі





Таблиця 3.21 - Розрахунок основного та машинно-допоміжного часу при чистовій обробці на установі 2

№ ТО-ЧОК	D <sub>1</sub> , мм	D <sub>2</sub> , мм	l <sub>1</sub> , мм	l <sub>2</sub> , мм	L, мм	S, мм/об (мм/хв)	n, об/хв	t <sub>0</sub> , хв	t <sub>м.д.</sub> , хв
0-1	150	55,40	330	330	47,3	3000	-	-	-
1-2	55,40	55,40	330	316	14	3000	-	-	0,020
2-3	55,40	55,40	316	314,81	1,19	0,25	1000	-	-
3-4	55,40	55,40	314,81	261,48	53,33	0,25	1000	-	-
4-5	55,40	59,47	261,48	261,48	2,04	0,25	1000	-	-
5-6	59,47	60,44	261,48	256,48	5,09	0,25	1000	-	-
6-7	60,44	60,44	256,48	183,67	72,81	0,25	1000	-	-
7-8	60,44	69,63	183,67	183,67	4,60	0,25	1000	-	-
8-9	69,63	72	183,67	183,67	1,19	0,25	1000	0,561	-
9-10	72	150	183,67	183,67	39	3000	-	-	-
10-11	150	150	183,67	330	146,33	3000	-	-	0,062

Траєкторія переміщення різального інструмента при прорізанні канавки на установі 2 зображена на рис. 3.12, а розрахунок основного та машинно-допоміжного часу зведений до табл. 3.22.

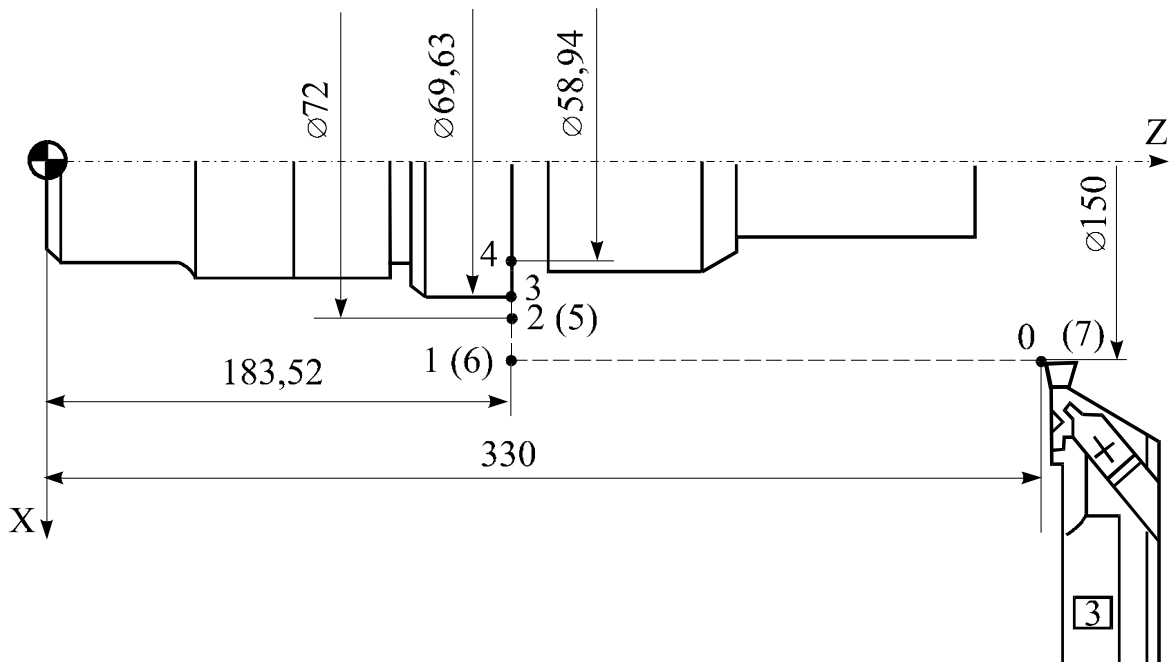


Рисунок 3.12 - Траєкторія переміщення різця при прорізанні канавки на другому установі

Таблиця 3.22 - Розрахунок основного та машинно-допоміжного часу при прорізанні канавки на установі 2

№ ТО-ЧОК	D <sub>1</sub> , мм	D <sub>2</sub> , мм	l <sub>1</sub> , мм	l <sub>2</sub> , мм	L, мм	S, мм/об (мм/хв)	n, об/хв	t <sub>0</sub> , хв	t <sub>м.д.</sub> , хв
0-1	150	150	330	183,52	146,48	3000	-	-	-
1-2	150	72	183,52	183,52	39	3000	-	-	0,062
2-3	72	69,63	183,52	183,52	1,19	0,16	355	-	-
3-4	69,63	58,94	183,52	183,52	5,35	0,16	355	-	-
4-5	58,94	72	183,52	183,52	6,53	0,16	355	0,230	-
5-6	72	150	183,52	183,52	39	3000	-	-	-
6-7	150	150	183,52	330	146,48	3000	-	-	0,062

Траєкторія переміщення різального інструмента при обробці фасок на установі 2 зображена на рис.3.13, а розрахунок основного та машинно-допоміжного часу зведений до табл. 3.23.

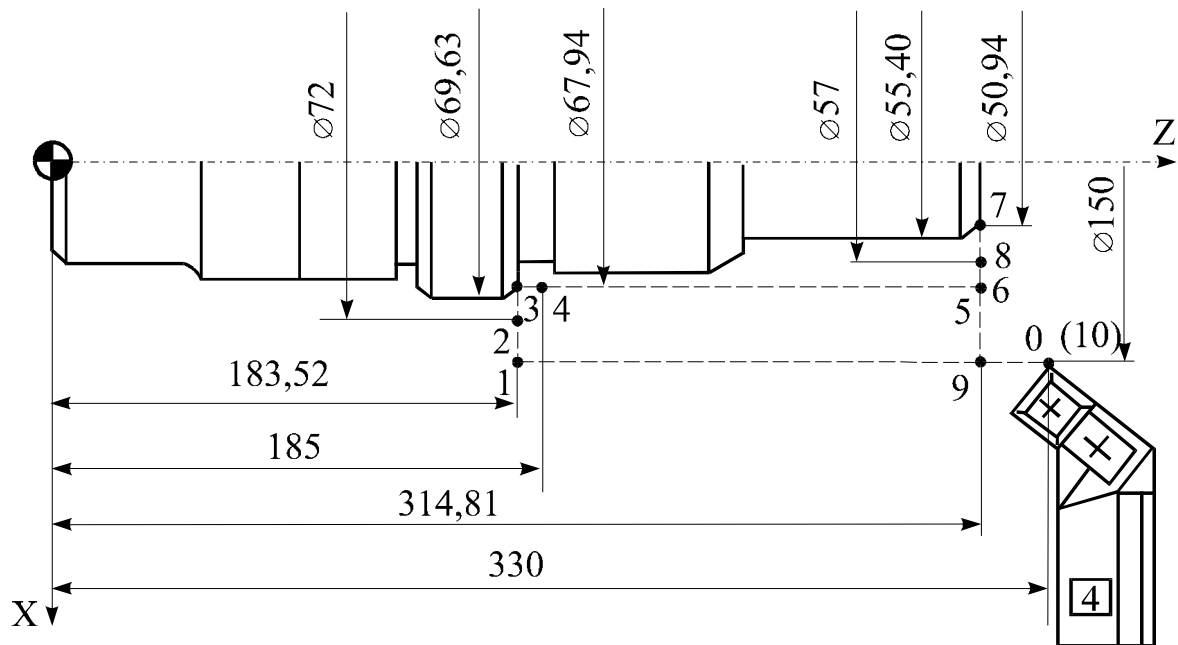


Рисунок 3.13 - Траєкторія переміщення різця при обробці фасок на другому установі

Таблиця 3.23 - Розрахунок основного та машинно-допоміжного часу при обробці фасок на установі 2

№ то-чок	D <sub>1</sub> , мм	D <sub>2</sub> , мм	l <sub>1</sub> , мм	l <sub>2</sub> , мм	L, мм	S, мм/об (мм/хв)	n, об/хв	t <sub>0</sub> , хв	t <sub>м.д</sub> , хв
0–1	150	150	330	183,52	146,48	3000	-	-	-
1–2	150	72	183,52	183,52	39	3000	-	-	0,062
2–3	72	67,94	183,52	183,52	2,03	0,16	355	-	-
3–4	67,94	67,94	183,52	185	1,48	0,16	355	0,062	-
4–5	67,94	67,94	185	314,81	129,81	3000	-	-	-
5–6	67,94	57	314,81	314,81	5,47	3000	-	-	0,045
6–7	57	50,94	314,81	314,81	3,03	0,13	500	-	-
7–8	50,94	55,40	314,81	314,81	2,23	0,13	500	0,081	-
8–9	55,40	150	314,81	314,81	47,30	3000	-	-	-
9–10	150	150	314,81	330	15,19	3000	-	-	0,021

### 3.7 Розрахунок штучного часу

Оперативний час на обробку деталі розраховують за формулою

$$t_{\text{оп}} = t_0 + t_{\text{м.д}} + t_{\text{уст}},$$

де  $t_0$  – основний час на операцію, хв;

$t_{\text{м.д}}$  – машинно-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів та переміщень при обробці поверхонь, хв;

$t_{\text{уст}}$  – час на установку та знімання заготовки, хв (табл. 3.24).

При переустановці деталі треба застосовувати коефіцієнт 0,8, тобто час на переустановку деталі розраховується як

$$t_{\text{перест}} = 0,8 t_{\text{уст}}.$$

До машинно-допоміжного часу при розрахунку штучного часу входять: час, що витрачається на поворот різцевої головки, який становить 0,02 хв при повороті на 1 позицію; час на те, щоб задвинути загороджувальний щиток токарного верстата, відвести його – 0,03 хв; час на зміну діапазону частот обертів шпинделя (при необхідності) – 0,08 хв.

Таблиця 3.24 - Час на установку та знімання заготовки

Спосіб установки деталі	Маса деталі, кг, до								
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20	30
У безключовому патроні	0,08	0,10	0,12	0,16	0,18	0,21	-	-	-
У патроні з кріпленням ключом	0,15	0,18	0,23	0,32	0,37	0,43	0,50	0,65	0,80
У патроні з підтисканням за допомогою задньої бабки	-	-	0,38	0,50	0,60	0,70	0,75	0,90	-
У центрах	0,10	0,12	0,13	0,16	0,19	0,23	0,28	0,34	0,41

Час на обслуговування робочого місця та особисті потреби при роботі на верстаті моделі 16К20Т1 становить:

$$t_{\text{обсл}} = 0,1 t_{\text{оп}}$$

Штучний час обробки деталі, хв:

$$T_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{обсл}}$$

Результати розрахунків зведені до табл. 3.25.

Таблиця 3.25 - Розрахунок оперативного часу

Перехід	$t_o$ , хв	$t_{\text{м.д}}$ , хв	$t_{\text{уст}}$ , хв
1	2	3	4
1. Установити та зняти деталь	-	-	0,190
2. Задвинути щиток загородження, відвести, ввімкнути цикл	-	-	0,030
3. Повернути різцеву головку на 3 позиції	-	0,060	-
4. Підвести різець до деталі на швидкому ході	-	0,021	-
5. Проточити деталь начорно на першому установі	1,150	-	-
6. Відвести різець у точку зміни інструмента	-	0,081	-
7. Повернути різцеву головку на 1 позицію	-	0,020	-
8. Підвести різець до деталі на швидкому ході	-	0,021	-
9. Проточити деталь начисто на першому установі	0,481	-	-
10. Відвести різець у точку зміни інструмента	-	0,070	-

## Продовження таблиці 3.25

1	2	3	4
11. Повернути різцеву головку на 1 позицію	-	0,020	-
12. Підвести різець до деталі на швидкому ході	-	0,070	-
13. Прорізати канавку на першому установі	0,318	-	-
14. Відвести різець у точку зміни інструмента	-	0,070	-
15. Повернути різцеву головку на 1 позицію	-	0,020	-
16. Підвести різець до деталі на швидкому ході	-	0,070	-
17. Проточити фаски на першому установі	0,195	0,054	-
18. Відвести різець у точку зміни інструмента	-	0,021	-
19. Переустановити деталь	-	-	0,152
20. Задвинути щиток загородження, відвести, ввімкнути цикл	-	-	0,030
21. Повернути різцеву головку на 3 позиції	-	0,060	-
22. Підвести різець до деталі на швидкому ході	-	0,020	-
23. Проточити деталь начорно на другому установі	0,701	-	-
24. Відвести різець у точку зміни інструмента	-	0,062	-
25. Повернути різцеву головку на 1 позицію	-	0,020	-
26. Підвести різець до деталі на швидкому ході	-	0,020	-
27. Проточити деталь начисто на другому установі	0,561	-	-
28. Відвести різець у точку зміни інструмента	-	0,062	-
29. Повернути різцеву головку на 1 позицію	-	0,020	-
30. Підвести різець до деталі на швидкому ході	-	0,062	-
31. Прорізати канавку на другому установі	0,230	-	-
32. Відвести різець у точку зміни інструмента	-	0,062	-
33. Повернути різцеву головку на 1 позицію	-	0,020	-
34. Підвести різець до деталі на швидкому ході	-	0,062	-
35. Проточити фаски на другому установі	0,143	0,045	-
36. Відвести різець у точку зміни інструмента	-	0,021	-
Сума:	3,783	1,134	0,402

Оперативний час

$$t_{оп} = \sum t_o + \sum t_{м.д} + \sum t_{уст} =$$

$$= 3,783 + 1,134 + 0,402 = 5,319 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та особисті потреби:

$$t_{обсл} = 0,1 t_{оп} = 0,532 \text{ хв.}$$


Штучний час обробки деталі:

$$T_{шт} = t_{оп} + t_{обсл} = 5,851 \text{ хв.}$$

### 3.8 Розробка управляючої програми

Відповідно до інструкції з програмування верстата моделі 16K20T1 з ПЧПУ “Електроніка НЦ-31” (див. розділ 1.3) складають управляючу програму:

N000 M40	N011 Z15834	N022 Z31600 ~~~~~
N001 M03	N012 X6963	N023 Z23312
N002 S4	N013 S3	N024 X5521
N003 F50	N014 F60	N025 Z18943
N004 T1	N015 Z12700	N026 X5540
N005 X5076 ~~~~~	N016 X15000 ~~~~~	N027 Z15834
N006 Z31600 ~~~~~	N017 Z33000 ~~~~~	N028 X7200
N007 Z23336	N018 T2	N029 X15000 ~~~~~
N008 X5559	N019 S8	N030 Z33000 ~~~~~
N009 Z18943	N020 F25	N031 T3
N010 X5578	N021 X5039 ~~~~~	N032 S4

N033 F16	N057 F60	N080 T3
N034 Z15812 ~~~~~	N058 T1	N081 S4
N035 X7200 ~~~~~	N059 X5578 ~~~~~	N082 F16
N036 X5394	N060 Z31600 ~~~~~	N083 Z18352 ~~~~~
N037 X7200	N061 Z26148	N084 X7200 ~~~~~
N038 X15000 ~~~~~	N062 X6082	N085 X5894
N039 Z33000 ~~~~~	N063 Z18367	N086 X7200
N040 T4	N064 X7200	N087 X15000 ~~~~~
N041 Z15812 ~~~~~	N065 X15000 ~~~~~	N088 Z33000 ~~~~~
N042 X7200 ~~~~~	N066 Z33000 ~~~~~	N089 T4
N043 X6963	N067 T2	N090 Z18352 ~~~~~
N044 Z16000	N068 S7	N091 X7200 ~~~~~
N045 Z31481 ~~~~~	N069 F25	N092 X6794
N046 S5	N070 X5540 ~~~~~	N093 Z18500
N047 F13	N071 Z31600 ~~~~~	N094 Z31481 ~~~~~
N048 X5200 ~~~~~	N072 Z26148	N095 S5
N049 X4595	N073 X5947	N096 F13
N050 X5039	N074 X6044*	N097 X5700 ~~~~~
N051 X15000 ~~~~~		N098 X5094
N052 Z33000 ~~~~~	N075 Z-500 	N099 X5540
N053 M05	N076 Z18367	N100 X15000 ~~~~~
N054 M00	N077 X7200	N101 Z33000 ~~~~~
N055 M03	N078 X15000 ~~~~~	N102 M05
N056 S4	N079 Z33000 ~~~~~	N103 M30

Згідно з табл. 3.11 розроблюють карту ескізів, що зображена на рис. 3.14.



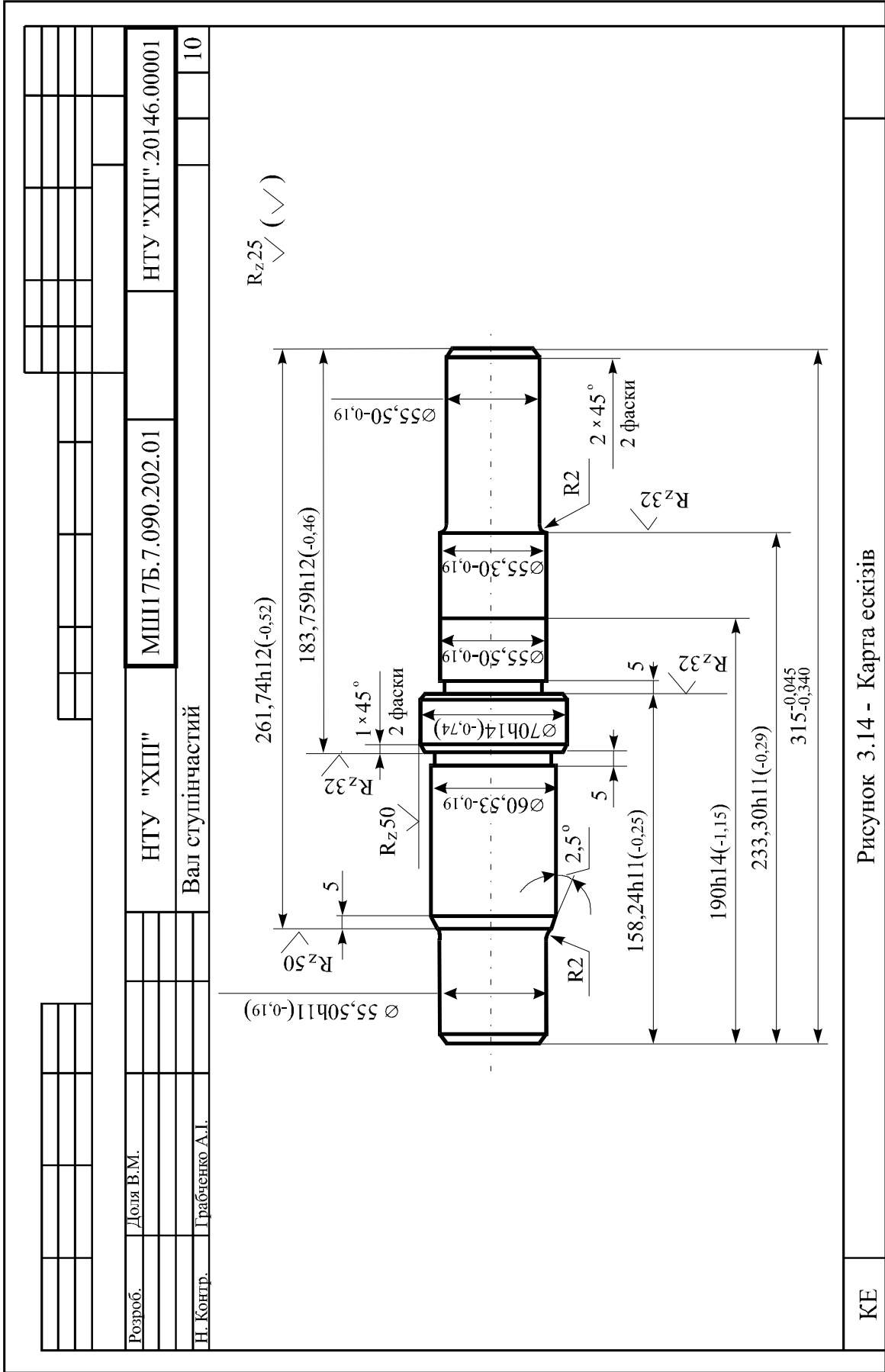


Рисунок 3.14 - Карга ескізів

КЕ

## ГЛАВА 4

### УПРАВЛІННЯ ВЕРСТАТАМИ З ЧПУ

#### 4.1 Управління верстатом моделі 16K20T1 з ПЧПУ «Електроніка НЦ-31»

Управління верстатом відбувається з пульта оператора (рис. 4.1) та панелі управління верстатом (рис. 4.2). Призначення клавіш, розташованих на пульті оператора, наведено в табл. 4.1.

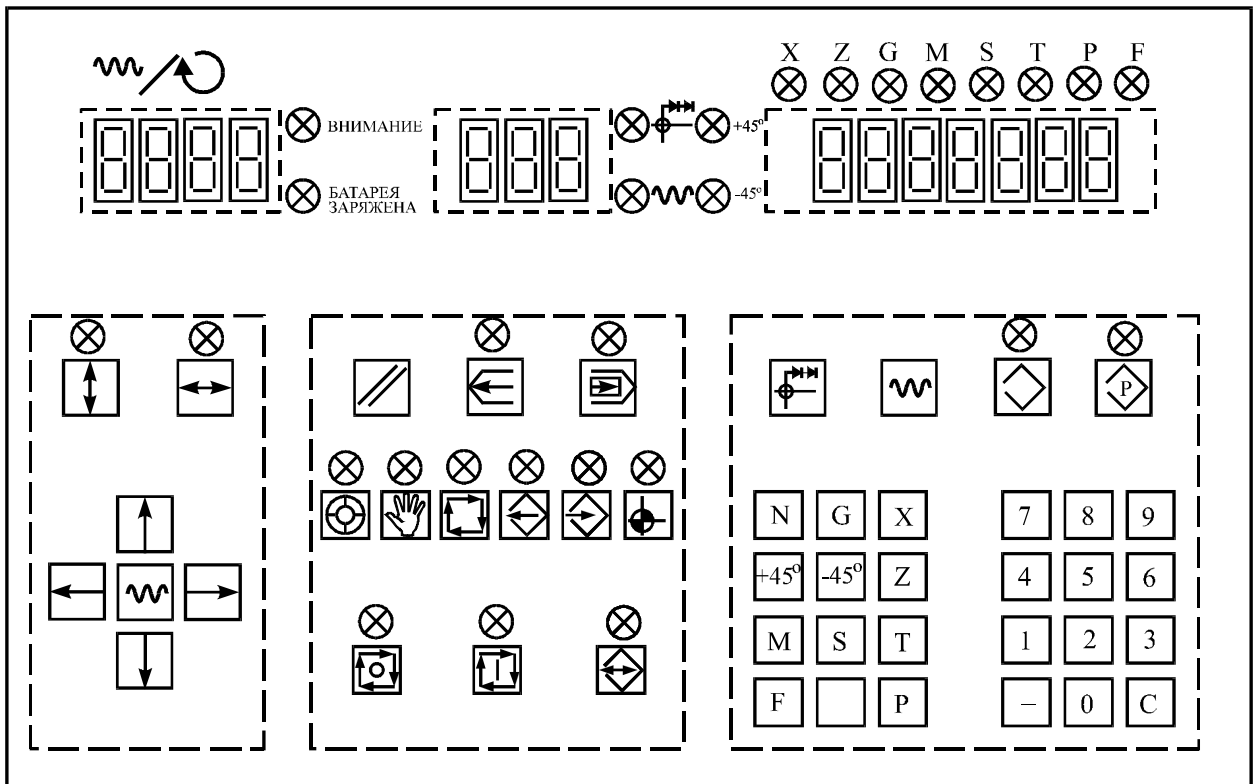
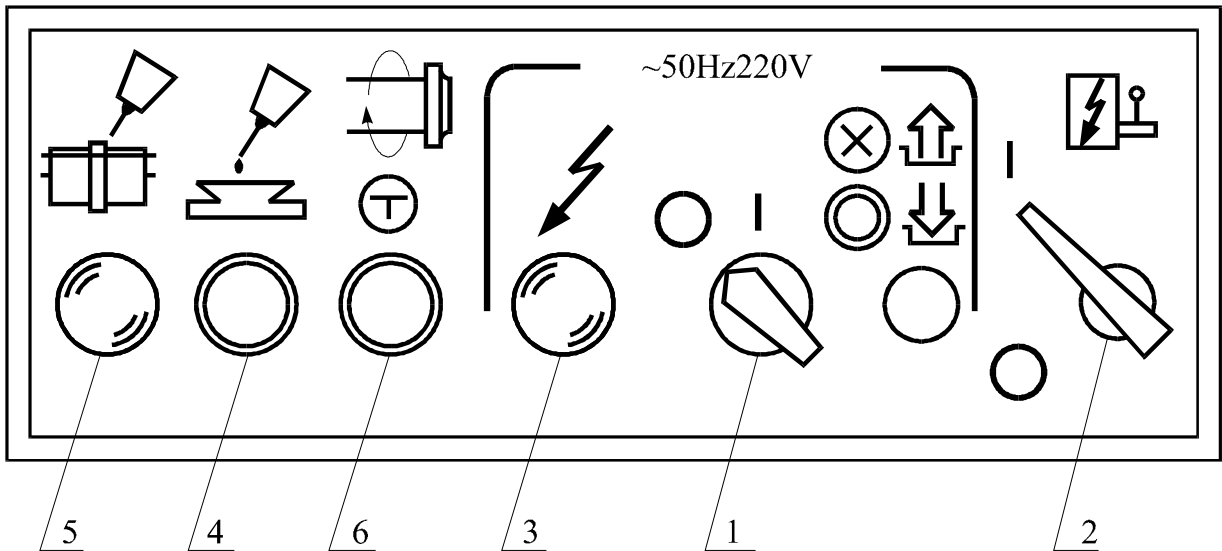


Рисунок 4.1 - Пульт оператора ПЧПУ «Електроніка НЦ-31»
























1 - мінімальний розмикач; 2 - ввідний автомат; 3 - сигнальна лампочка “Верстат увімкнено”; 4 - кнопка “Змасування напрямних”; 5 - сигнальна лампочка “Автоматичне змасування”; 6 - кнопка “Поштовх шпинделя”

Рисунок 4.2 - Панель управління верстатом 16К20Т1
















Таблиця 4.1 - Призначення клавiш пульта оператора

Символ	Призначення
	<i>Клавiшi для управлiння перемiщенням супорта в ручному режимi:</i> “вертикальна стрiлка”; при натисканнi на цю клавiшу при обертаннi ручного маховичка супорт перемiщується в поперечному напрямку; при натисканнi на неї при автоматичному вiдпрацюваннi програми на цифровому iндикаторi видається iнформацiя про положення супорта на поперечнiй осi;
	“горизонтальна стрiлка”; при натисканнi на цю клавiшу при обертаннi ручного маховичка супорт перемiщується в поздовжньому напрямку; при натисканнi на неї при автоматичному вiдпрацюваннi програми на цифровому iндикаторi видається iнформацiя про положення супорта на поздовжнiй осi
	<i>Клавiшi поштовхового перемiщення в ручному режимi:</i> до осi шпинделя;
	вiд осi шпинделя



Продовження таблиці 4.1



Символ	Призначення
	до передньої бабки;
	до задньої бабки;
	прискорене переміщення
<i>Клавіші завдання режимів роботи:</i>	
 	режим роботи від маховичка;
 	режим поштовхового переміщення від клавіш (ручний);
 	автоматичний цикл;
 	режим виведення на індикатор введених до пам'яті кадрів управляючої програми (УП) та параметрів верстата;
 	режим введення (запам'ятовування) кадрів УП і параметрів верстата та пристрою;
 	режим розмірної прив'язки інструмента;
<i>Клавіші управління (виконавчі):</i>	
 	зупинник виконання УП або окремого циклу;
 	пуск УП або окремого циклу в автоматичному режимі та вмикання технологічних команд у режимах "ручний" та "маховичок";
 	команда на введення у пам'ять або виведення на індикацію кадрів УП або параметрів верстата, вмикання команди "F" у ручному режимі;

Продовження таблиці 4.1







Символ	Призначення
<i>Клавіші додаткових підрежимів:</i>	
	гасіння стану “ВНИМАНИЕ” та команд, які не повинні відпрацьовуватися до кінця;
 	підрежим відпрацювання програми без переміщення супорту для контролю по індикатору;
 	підрежим покадрового відпрацювання УП
<i>Клавіші введення буквено-цифрової інформації:</i>	
	завдання ознаки відносної системи відліку при вводі УП;
	завдання ознаки швидкого ходу при вводі УП;
 	деблокування пам'яті в режимі введення;
 	дозвіл на введення та індикацію системи;
	завдання в УП ознаки зняття фаски під кутом +45°;
	завдання в УП ознаки зняття фаски під кутом -45°;
	завдання в УП признаку “*”, що вказує на входження кадру в групи;
	скидання буквених адрес, чисел або ознак, що набрані на пульті, до введення їх у пам'ять

Вмикання верстата здійснюється поворотом мінімального розмикача 1 (див. рис. 4.2) в положення “I” та поворотом ввідного автомата 2 в положення “I”. При цьому на пульті системи засвічується сигнальний

світлодіод (далі - лампочка) над клавішею   
 і світить декілька секунд. У цей час відбувається тестовий контроль працездатності пристрою. При правильному проходженні тесту лампочка мигає, а на індикаторному

табло  (див. рис. 4.1) висвітлюються цифри від 200 до 277, після чого тест зациклюється. Для запуску системи необхідно натиснути клавішу . Якщо тест пройшов нормально і в системі не знайдено несправностей, то на індикаторі висвітлюються нулі і вмикається привід подач з характерним звуком. Якщо в системі виявлена несправність, то починає мигати лампочка “Внимание”, а на індикаторі числа висвітлюється код несправності.

Далі необхідно ввести параметри верстата, що

здійснюється натисканням клавіш  , , , , та введенням значень параметрів групи “P”. Після набору значення кожного з параметрів, запам’ятовування їх системою здійснюється натисканням клавіші . Нульовий параметр групи “P” дорівнює 100. Перший параметр цієї групи визначає компенсацію люфтів верстата. Його вид PXXXX. Ліві дві цифри – люфт в дискретах по осі “X”, а праві дві цифри – люфт по осі “Z”. У системі введено обмеження на максимальне значення компенсації люфта по осі  $X \leq 8$  дискрет і по осі  $Z \leq 5$  дискрет. Другий параметр групи “P” визначає швидкість швидкого ходу по осі “X” в автоматичному режимі; третій параметр – швидкість швидкого ходу по осі “Z” в автоматичному режимі; четвертий – швидкість швидкого ходу по осі “X” в ручному режимі; п’ятий – швидкість швидкого ходу по осі “Z” в ручному режимі. Шостий параметр визначає кут подачі на глибину при різьбонарізуванні, сьомий – значення збігу різьби в дискретах при використанні циклу різьбонарізування. Восьмий та дев’ятий параметри визначають резерви; десятий та одинадцятий – параметри стружкоподрібнювання, що використовуються в циклах G77 та G78. Дванадцятий, тринадцятий та чотирнадцятий параметри встановлюються при пусконаладжувальних роботах і не змінюються. П’ятнадцятий параметр – це параметр режиму індикації. При програмуванні N15P0 встановлюється режим індикації абсолютного положення, при програмуванні N15P1 – режим індикації похибки положення.

Крім того, для забезпечення оптимального узгодження ПЧПУ з верстатом, як у момент первинного спілкування, так і під час експлуатації, в даному ПЧПУ використовується 31 параметр групи G, 32 – групи

M, 14 – групи F, 45 – групи S, які захищені ключем, і допуск до них дозволений тільки фахівцям.

Після введення параметрів верстата необхідно закріпити в патроні будь-яку деталь і виконати процедуру прив'язки інструментів.

Першим етапом процедури прив'язки є вихід у фіксовану точку (рис. 4.3), необхідну для прив'язки вимірювальної системи пристрою ЧПУ базової поверхні верстата. Ця точка є проміжною нульовою, до якої потім здійснюється розмірна прив'язка інструмента.

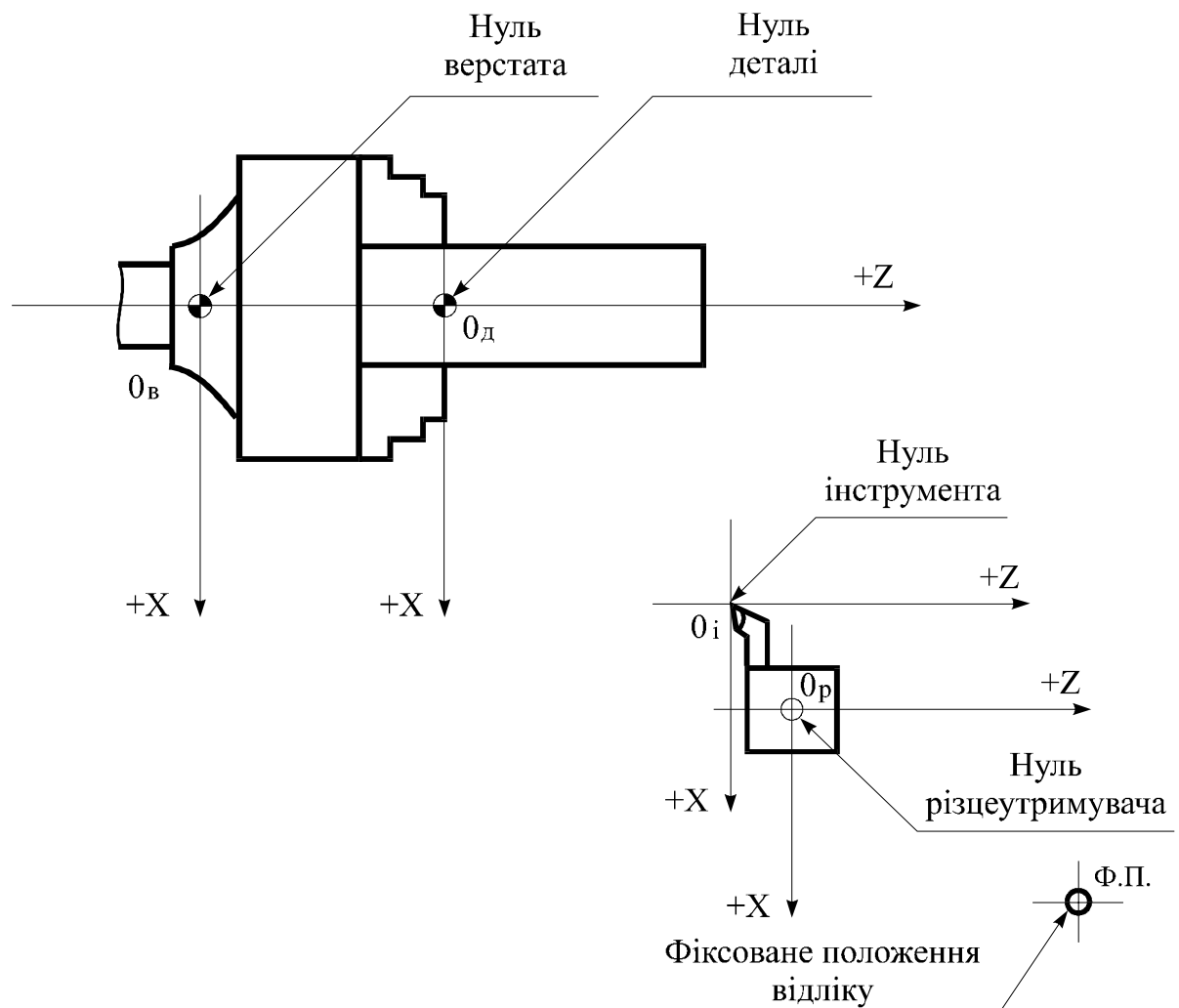




































Рисунок 4.3 - Координатні осі верстата

Положення фіксованої точки визначається положенням кінцевиків сповільнювання. При наїзді на кінцевики сповільнювання відбувається блокування швидкого ходу і встановлення повзучої подачі. Наїзд на кінцевики можна здійснювати з будь-якого напрямку. З'їзд з кінцевика

здійснюється в напрямку нуля деталі, тобто до торця шпинделя по координаті Z та до осі деталі по координаті X. Після з'їзду з кінцевика система слідує за проходженням мітки датчика положення. Процедура виходу в фіксовану точку здійснюється натисканням клавіш , , при цьому починає блимати сигнальна лампочка над клавішею ручного режиму. Далі необхідно встановити подачу на якій буде здійснюватися вихід у фіксоване положення, наприклад , , , ; увімкнути оберти шпинделя, наприклад 500 об/хв, натиснувши клавіші , , . Одночасним натисканням клавіш  та  здійснюється наїзд на кінцевик сповільнювання. Якщо процедура виконана правильно, то переміщення супорта припиняється. З'їзд з кінцевика сповільнювання здійснюється натисканням клавіші . При цьому блимання лампочки над клавішею ручного управління припиняється. Далі потрібно відновить блимання лампочки, натиснувши клавішу , й одночасним натисканням клавіш  та  здійснити наїзд на другий кінцевик сповільнювання до припинення переміщення каретки, а потім з'їхати з кінцевика, натиснувши клавішу .







Наступним етапом процедури прив'язки є розмірна прив'язка різального інструмента до системи відліку та прив'язка системи відліку до деталі. Процедура виконується для всіх інструментів, що знаходяться в налазді. Для цього необхідно встановити інструмент, наприклад перший, в робочу позицію, натиснувши клавіші , , , , задати напрямок переміщення  або  і за допомогою маховичка проточити циліндричну поверхню деталі. Відвести різець від деталі по координаті Z, не змінюючи його положення відносно координати X. Натиснувши клавіші , , , вимкнути верстат. З максимальною точністю виміряти діаметр обробленої поверхні і занести це значення до пам'яті верстата, натиснувши клавіші , , значення діаметра у









дискретах . Увімкнути верстат клавішами , , , , ,  і здійснити проточку торця деталі, якщо це дозволяє конструкція різця, або підвести вершину різця до торця деталі. Відвести різець по координаті X, не змінюючи його положення по координаті Z, і вимкнути верстат. Здійснити замір довжини деталі від торця до торця патрона і ввести це значення під адресою Z до пам'яті верстата.



Тепер можна зняти деталь, розтиснувши кулачки патрона і встановити ту деталь, що будуть обробляти за програмою або в ручному режимі.

Якщо всі дії з прив'язки різальних інструментів виконані правильно, то система ЧПУ запам'ятала положення кожного інструмента відносно нуля деталі і при управлінні верстатом буде вести відлік координат від цього нуля.

Набором клавіш , , ,  встановлюють режим введення. Після цього натисканням відповідних клавіш набирають зміст нульового кадру і натисканням клавіші  вводять його до пам'яті верстата. Після введення змісту нульового кадру на індикаторі кадру встановлюється число 001, а набрана інформація на індикаторі числа гасне. Пульти та індикатори готові до набору змісту першого кадру і т. д. Зміст кадру необхідно вводити в тій послідовності, в якій він записаний на бланку. Якщо оператор при наборі програми помилився, то скид помилкової інформації до введення її в пам'ять здійснюється натисканням клавіші .

Записана управляюча програма перевіряється в режимі виведення (індикації), який встановлюється натисканням клавіші , та набором номеру того кадру, що потрібно перевірити. Читання програми відбувається покадрово натисканням після перевірки змісту кадру клавіші . У цьому режимі особливу увагу треба приділяти значенню індикатора номера кадру, бо це значення вказує на номер кадру, що виведений на індикацію.

Автоматичний режим для обробки деталі встановлюють натисканням клавіш ,  і закриттям огороження верстата. Автоматичний режим обробки запускають натисканням клавіші . Для припинення обробки деталі в даному режимі використовують клавішу . При цьо-

му переміщення різця призупиняється, а шпиндель верстата продовжує обертатися з заданою швидкістю. Під час відпрацювання управляючої програми на індикатор числа можна вивести поточне значення координати X або координати Z. Для цього необхідно натиснути клавішу  або клавішу  відповідно. Управляюча програма відпрацьовується по-спідовно кадр за кадром, починаючи з номера кадру, заданого на індикаторі.

## 4.2 Управління верстатом моделі 16К20Ф3С32 з ПЧПУ «2Р22»

Управління верстатом відбувається з пульта оператора (рис. 4.4), панелі управління верстатом (рис. 4.5) та панелі управління електроавтоматикою верстата (рис. 4.6). Призначення клавіш, розташованих на пульті оператора, зазначені в табл. 4.2.

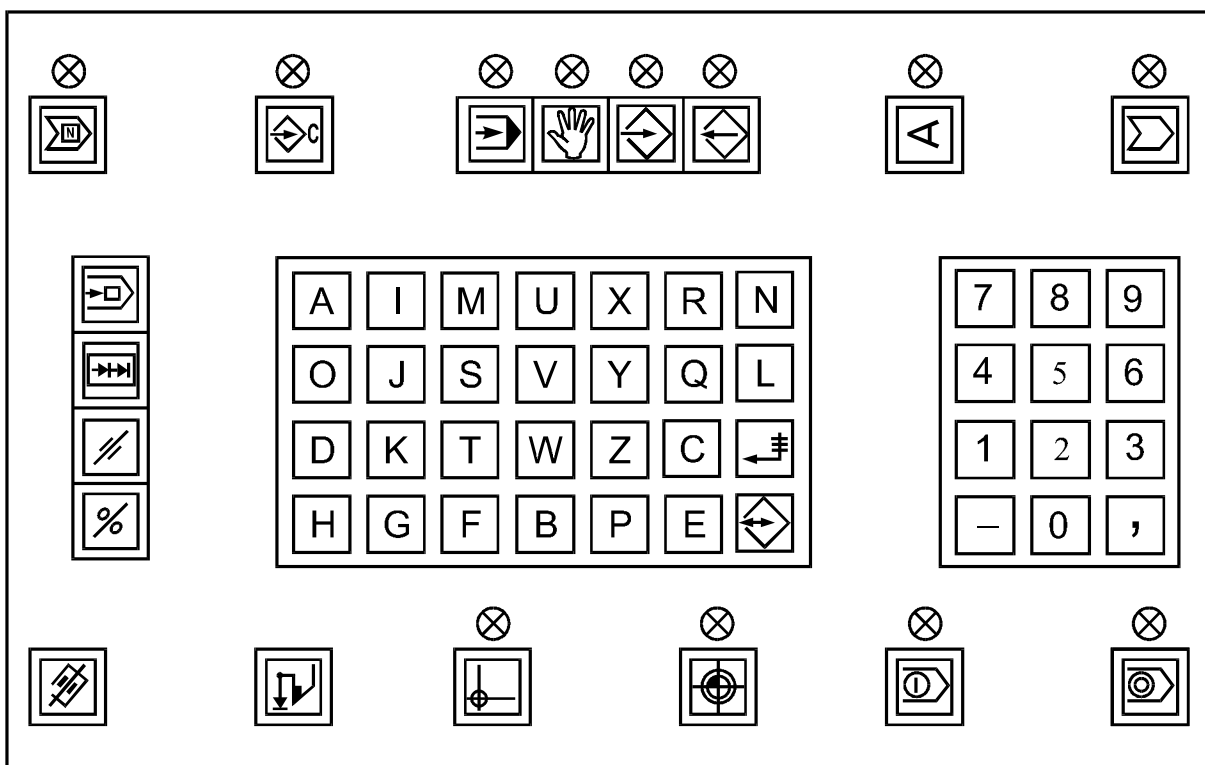
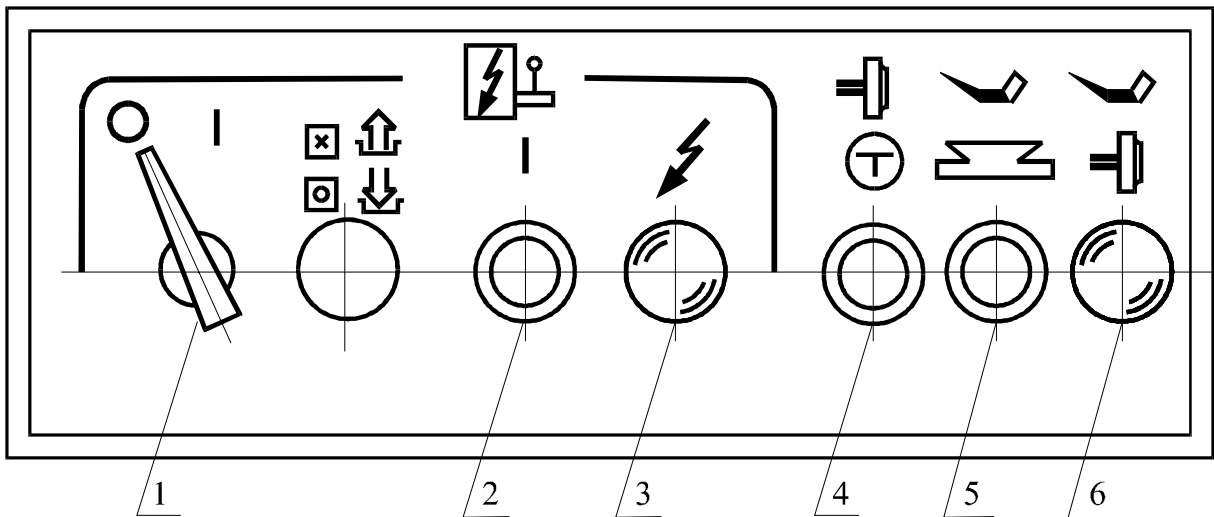
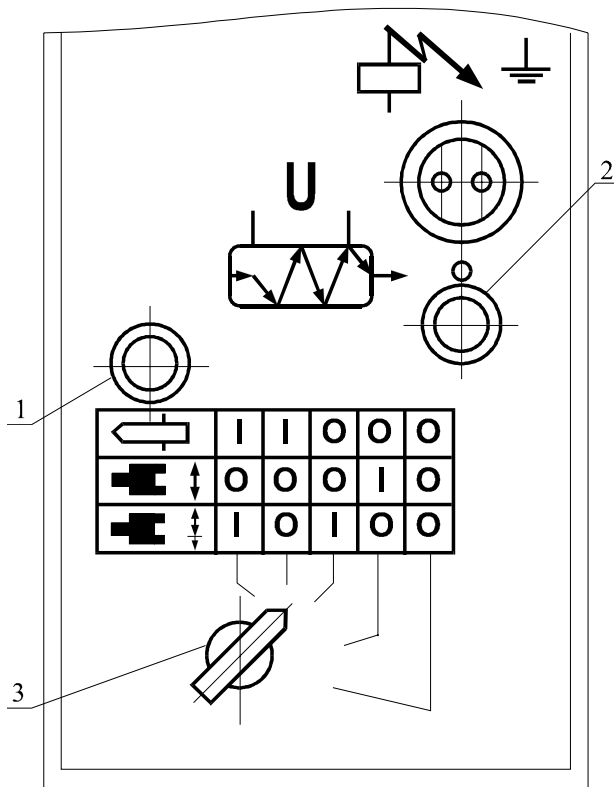


Рисунок 4.4 - Пульт оператора ПЧПУ «2Р22»



1 – ввідний автомат; 2 – кнопка вмикання ПЧПУ; 3 – сигнальна лампочка “Верстат увімкнено”; 4 – кнопка “Поштовх шпинделя”; 5 – кнопка “Примусове змащування напрямних”; 6 – сигнальна лампочка “Насос змащування напрямних увімкнено”

Рисунок 4.5 - Панель управління верстатом






















1 – кнопка вмикання електроавтоматики;  
2 – кнопка вимикання електроавтоматики;  
3 – перемикач роду робіт

Рисунок 4.6 - Панель управління

електроавтоматикою верстата

Таблиця 4.2 - Значення символів клавіатури пульта

Символ	Значення
	ПОШУК КАДРУ
	ВВЕДЕННЯ КОМАНД
	АВТОМАТ
	РУЧНЕ УПРАВЛІННЯ
	ВВЕДЕННЯ
	ВИВЕДЕННЯ
	ТЕСТ
	НОСІЙ ІНФОРМАЦІЇ
	ЗСУВ КАДРУ
	ЗСУВ ФРАЗИ
	ЧИСТКА
	ПОЧАТОК ПРОГРАМИ (КОРЕКЦІЯ)
	СКИДАННЯ ПАМ'ЯТІ
	ВВЕДЕННЯ ЗА ЗРАЗКОМ
	ПОЧАТКОВЕ ПОЛОЖЕННЯ
	ФІКСОВАНА ТОЧКА ВЕРСТАТА
	ПУСК
	СТОП
	ВВЕДЕННЯ ДАНИХ


Для вмикання верстата моделі 16K20ФЗС32 необхідно:

- увімкнути ввідний автомат “1”(див. рис. 4.5);
- натиснути кнопку вмикання ПЧПУ “2”, розташовану на панелі управління верстатом (див. рис. 4.5);
- натиснути кнопку “1”, що розташована на панелі управління електроавтоматикою верстата (див. рис. 4.6);
- встановити потрібний режим роботи електроавтоматики перемикачем “3” (див. рис. 4.6).

При правильному вмиканні пристрою (тобто є напруга на всіх виходах стабілізаторів) на приладному блоці засвілюється світлодіод




, а на пульті управління пристроєм (пульті оператора) – сигнальний

світлодіод над клавішею ; на екрані блока висвітлення символічної інформації (БВСІ) з'являється напис «ДИАГНОСТИКА УЧПУ 2P22 00036-01». У випадку, якщо вже була виконана прив'язка інструмента, введені технологічні параметри та записана управляюча програма через 4-5 с після вмикання пристрою та по закінченні діагностичного тесту на

пульті оператора висвітлюється світлодіод над клавішею , а на екрані


БВСІ з'являється напис «РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ». При висвітленні діагностичним тестом пошкодження на екрані БВСІ висвітлюється напис «ДИАГНОСТИКА УЧПУ 2P22 ПО 00036-01» та вид пошкодження.

У тому випадку, коли не були введені технологічні програми, константи прив'язки різального інструмента, параметри верстата, або були виявлені пошкодження в пам'яті, тоді на екрані БВСІ висвітлюється напис «ТП ВВЕСТИ» або «К ВВЕСТИ». У цьому випадку потрібно натиснути

клавішу , тобто стерти пошкоджену пам'ять верстата (параметри, константи, технологічні програми) та оновити пам'ять, тобто ввести параметри, константи, управляючу програму.

Введення параметрів здійснюється натисканням клавіш



і введенням числового значення першого параметра верстата. Після натискання клавіші  параметр запам'ятовується, а на екрані БВСІ висвітлюється номер наступного параметра. Числові значення параметрів та їх функціональне призначення наведені у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Значення параметрів ПЧПУ “2P22”

Номер параметра	Числове значення параметра	Функціональне призначення
N001	-200	Фіксоване положення по координаті X
N002	-200	Програмний обмежник по координаті -X
N003	0	Програмний обмежник по координаті +X
N004	0	Програмний обмежник по координаті -Z
N005	1000	Програмний обмежник по координаті +Z
N006	318	Максимальне число обертів шпинделя на першому діапазоні приводу, що регулюється
N007	875	Максимальне число обертів шпинделя на другому діапазоні приводу, що регулюється
N008	2188	Максимальне число обертів шпинделя на третьому діапазоні приводу, що регулюється
N009	0	Максимальне число обертів шпинделя на четвертому діапазоні приводу, що регулюється
N010	12	Мінімальне число обертів шпинделя на першому діапазоні приводу, що регулюється
N011	30	Мінімальне число обертів шпинделя на другому діапазоні приводу, що регулюється
N012	80	Мінімальне число обертів шпинделя на третьому діапазоні приводу, що регулюється
N013	0	Мінімальне число обертів шпинделя на четвертому діапазоні приводу, що регулюється
N014	10	Повзуча швидкість шпинделя при постійній швидкості різання
N015	0/1	Індикація неузгодження
N016	1000	Максимальне число обертів шпинделя при постійній швидкості різання
N017	100	Мінімальне число обертів шпинделя при постійній швидкості різання

Далі необхідно здійснити процедури прив'язки системи відліку до верстата, початкового положення – до системи відліку, інструмента – до системи відліку, системи відліку – до деталі.

На верстаті мод. 16K20Ф3С32 прийнята система координат, зображена на рис. 4.7.

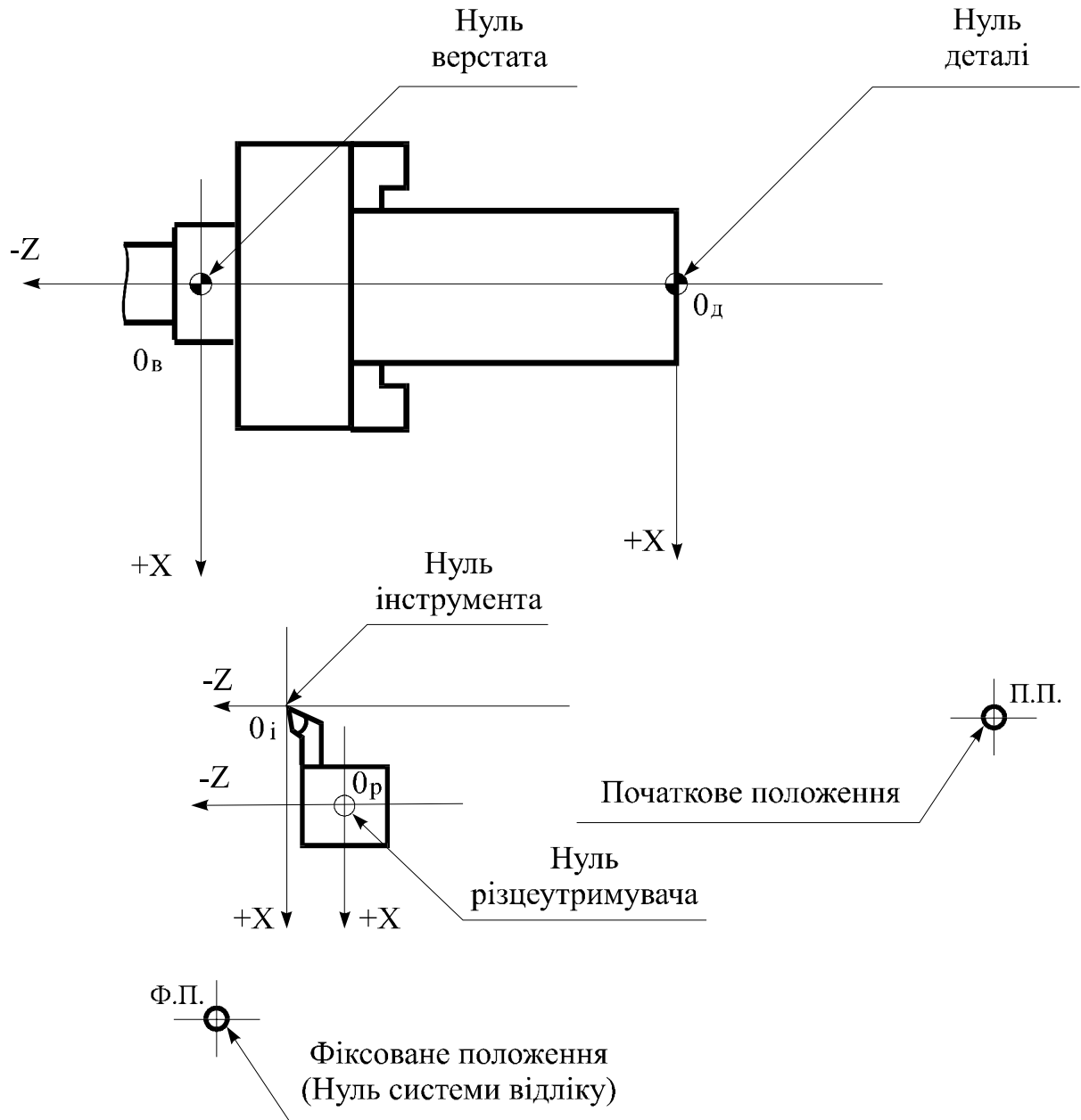









Рисунок 4.7 - Координатні осі верстата мод. 16K20Ф3С32

Відлік переміщень по координатних осях починається після виходу робочих органів верстата у фіксоване положення (ФП), яке визначається положенням наконечників сповільнювання. Взаємне положення координатних осей визначається параметрами верстата та режимом прив'язки інструмента. Переміщення вершини різця вздовж поверхні, яку обробляють, програмується оператором за допомогою програми, що набирається на клавіатурі пульта. Нуль деталі може бути плаваючим, тобто він не має якогось певного положення, а програмується при прив'язці інструмента. Для безаварійної зміни різального інструмента та зміни деталі за допомогою робота передбачено програмування початкового положення.

Процедура прив'язки системи відліку до верстата здійснюється натисканням клавіш  і , при цьому над ними висвітлюються світлодіоди, а на першому рядку екрана БВСІ висвітлюється напис «РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ФП». Після натискання клавіші  починається рух супорта по координаті X у напрямку оператора, а потім по координаті Z у напрямку шпинделя. При досягненні положення, визначеного кінцевими вимикачами, рух супорта припиняється. Таким чином, відбулася прив'язка системи відліку до верстата.

Процедура прив'язки початкового положення до системи відліку здійснюється натисканням клавіш  і . Після чого необхідно за допомогою мнеморукоятки відвести супорт у початкове положення, тобто у місце, де буде відбуватися зміна інструмента та початок і кінець руху інструмента за програмою. Натисканням клавіш  і  початкове положення запам'ятовується пристроєм ЧПУ.
























Процедура прив'язки інструмента до системи відліку здійснюється у три етапи.

Перший етап – введення плаваючого нуля:















, , , , .


Другий етап – введення вилетів інструмента:












               
  ... і так далі до       .










Третій етап – розмірна прив’язка інструментів. Для виконання цього етапу необхідно увімкнути оберти шпинделя (наприклад 500 об/хв), задати робочу подачу (наприклад 0,1 мм/об), встановити в робочу позицію перший інструмент:

             .

Користуючись мнеморукорячкою та штурвалами, слід проточити циліндричну поверхню заготовки, потім відвести інструмент по координаті Z, не змінюючи його положення по координаті X, і вимкнути оберти шпинделя, натиснувши клавішу . За допомогою мікрометра треба виміряти діаметр обточеної частини заготовки і ввести це значення під адресою X для ПЧПУ. Наприклад, якщо діаметр деталі дорівнює 91,04 мм, то потрібно натиснути наступні клавіші:




      .




Далі увімкнути шпиндель клавішею  та обточити торець заготовки, якщо це можливо зробити цим інструментом, або підвести вершину різця до торця заготовки. Відвести інструмент по координаті X, не змінюючи його положення по координаті Z, вимкнути шпиндель, натиснувши клавішу . Ввести значення умовного початку координати Z:   
 ; вилетів інструмента: ; плаваючого нуля:  .




Далі необхідно встановити в робочу позицію другий інструмент:  
  , увімкнути оберти шпинделя:       
 і виконати процедуру розмірної прив’язки другого інструмента (третій етап). І так далі щодо всіх шести інструментів.




Для здійснення процедури прив'язки системи відліку до деталі необхідно зняти заготовку, що використовувалася для процедури розмірної прив'язки інструментів, і встановити одну деталь з тієї партії, що будуть оброблятися за програмою, або у ручному режимі. Встановити у робочу позицію перший інструмент, увімкнути оберти шпинделя, задати робочу подачу:

  T 1 S 3 S 0 0 F 0 , 1 

За допомогою мнеморукоятки та штурвалів обточити торець деталі і відвести інструмент по координаті X, не змінюючи його положення по координаті Z. Це положення по координаті Z і буде НУЛЕМ ДЕТАЛІ, від якого відраховуються всі розміри при упорядкуванні управляючої програми на обробку партії цих деталей. Вимкнути шпиндель  і ввести нове значення плаваючого нуля:  . Тепер ПЧПУ запам'ятав положення вершини інструмента відносно НУЛЯ ДЕТАЛІ, і в якому б місці обробки не знаходився б інструмент, його вершина при установці на Z0 завжди вийде в цю точку.

Введення технологічної управляючої програми здійснюється натисканням клавіш:   N 0 0 1; набором змісту першого кадру та введенням його до пам'яті натисканням клавіші . При цьому набрана інформація гасне, а на екрані БВСІ висвітлюється "N002". Тепер необхідно набрати зміст другого кадру, ввести його до пам'яті і т. д.

Якщо технологічна програма записана на магнітній стрічці, то для введення її до пам'яті необхідно: встановити касету в касетний накопичувач; натиснути клавіші  ; набрати номер програми; натиснути клавішу . При цьому відбуватиметься швидке переміщення на початок стрічки, швидкий пошук програми, зчитування програми, швидке переміщення на початок стрічки.

Для відпрацювання програми в автоматичному режимі необхідно натиснути клавіші   . При цьому починається обробка деталі за записаною в пам'ять верстата програмою.



Таблиця 4.4 - Перелік графічних символів

Символ	Найменування
	Перемикач “Пневмопатрон” – “Механічний патрон”
	
	Перемикач напрямку обертання шпинделя у режимі наладки (ПНОШРН)
	
	Управління частотою обертання шпинделя (УЧОШ)
	Пуск шпинделя
	Розтискання шпинделя
	Місцеве освітлення
	Управління поворотом револьверної головки у режимі наладки (УПРГРН)
	Подача 400 Гц
	Подача 6 Гц
	Прискорене переміщення супорта (ППС)
	Перемикач “Програма” – “Наладка”
	Управління напрямком руху поперечного супорта у режимі наладки (УНРПСРН)
	Управління напрямком руху поздовжнього супорта у режимі наладки (УНРПСРН)
	Управління увімкнути
	Пуск циклу (програми)

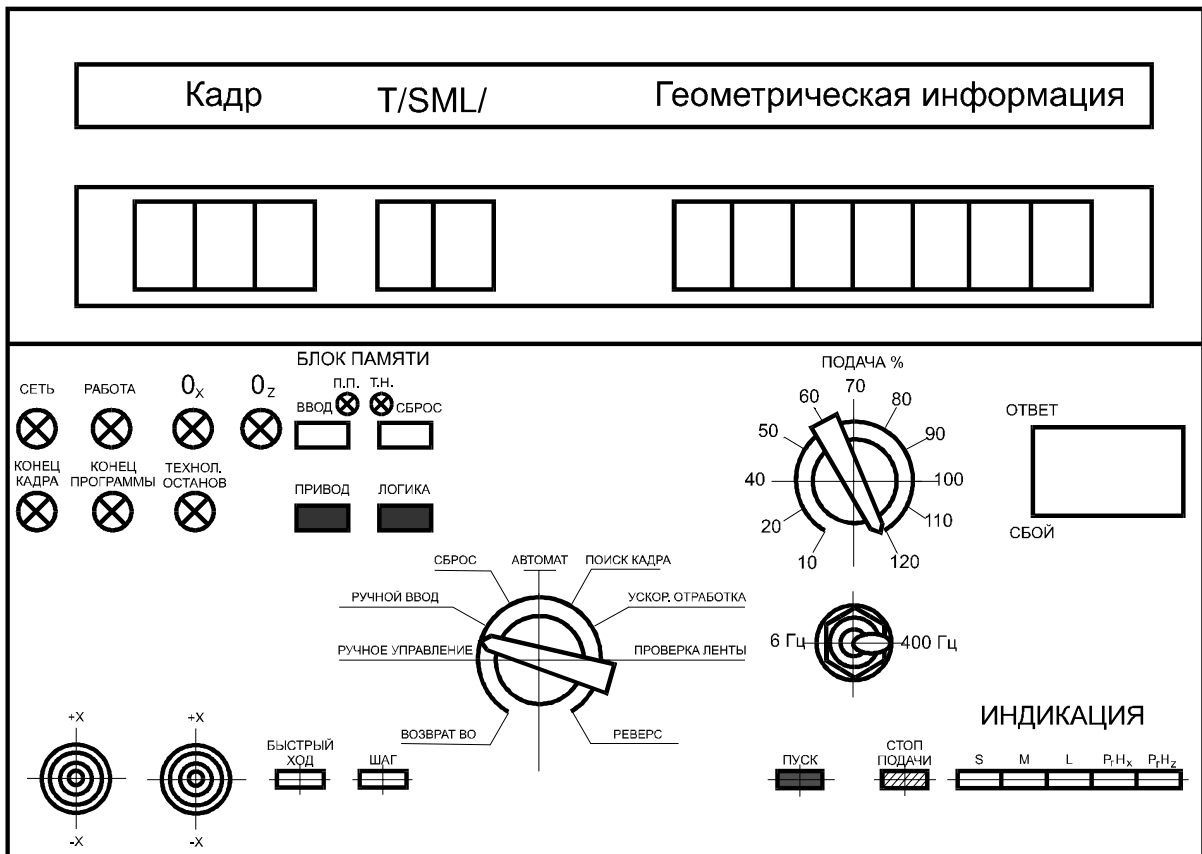


Рисунок 4.9 - Пульт оператора ПЧПУ N22-1MT1

На пульті оператора розташовані:

- кнопки СБРОС, ПРИВОД, ЛОГИКА – встановлення в початкове положення відповідно пристрою управління кроковими двигунами та логічних ланцюгів пристрою інтерполятора;
- перемикач РЕЖИМ – вибір режиму роботи пристрою;
- кнопка СТОП ПОДАЧИ – зупинка роботи в будь-якому місці програми, дозвіл для роботи за кроками;
- кнопка ПРОПУСК КАДРА – при натиснутій кнопці відбувається пропуск позначених у програмі кадрів;
- кнопка КОНЕЦ КАДРА – при натиснутій кнопці введення наступного кадру здійснюється натисканням кнопки ПУСК;
- кнопка ТЕХНОЛ. – зупинка при натиснутій кнопці за командою M001 у програмі;
- кнопка ШАГ – дозволяє видачу одного сигналу з пристрою при натиснутій кнопці СТОП ПОДАЧИ;

- перемикач ПОДАЧА % – зміна вручну швидкості подачі, заданої у програмі від 0 до 120 %;
- кнопка БЫСТРЫЙ ХОД – вмикання швидкого ходу за час натискання при ручному управлінні і заданні напрямку переміщення;
- тумблери  $\pm X$  та  $\pm Z$  – задання вручну безрозмірного переміщення відповідними координатами в обох напрямках при ручному управлінні.

За допомогою перемикача РЕЖИМ встановлюються наступні режим роботи:

- СБРОС – режим початкової установки пристрою;
- РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ – безрозмірне переміщення по заданій координаті у потрібному напрямку;
- РУЧНОЙ ВВОД – ручне введення інформації в обсязі одного кадру;
- ПОИСК КАДРА – автоматичний пошук номера кадру програми;
- АВТОМАТ – автоматична робота за програмою від перфострічки;
- УСКОР. ОБРАБОТКА – програма від перфострічки відпрацьовується незалежно від заданої швидкості на максимальній робочій подачі 60 мм/хв;
- ПРОВЕРКА ЛЕНТЫ – програма приймається пристроєм без відпрацювання її, перевіряється на парність рядка та структуру адреси;
- РЕВЕРС – перемотка стрічки у зворотному напрямку.

На пульті корекції (рис. 4.10) пристрою інтерполятора розташовані:

- кнопка ВВОД – введення в пристрій інформації, набраної на декадних перемикачах ручного набору за встановленою адресою;
- перемикач АДРЕС – вибір адреси інформації, яку вводять при ручному введенні;
- декадні перемикачі – РУЧНОЙ ВВОД – набір цифрової інформації зі знаком при ручному введенні;
- декадні перемикачі СМЕЩЕНИЕ  $0_X$  та СМЕЩЕНИЕ  $0_Z$  – задання координат плаваючого нуля при роботі в абсолютній системі координат;

- ТУМБЛЕР ФСУ – вмикання фотозчитувального пристрою при роботі з перфострічкою;
- вісімнадцять груп декадних перемикачів встановлення корекції зі знаком.

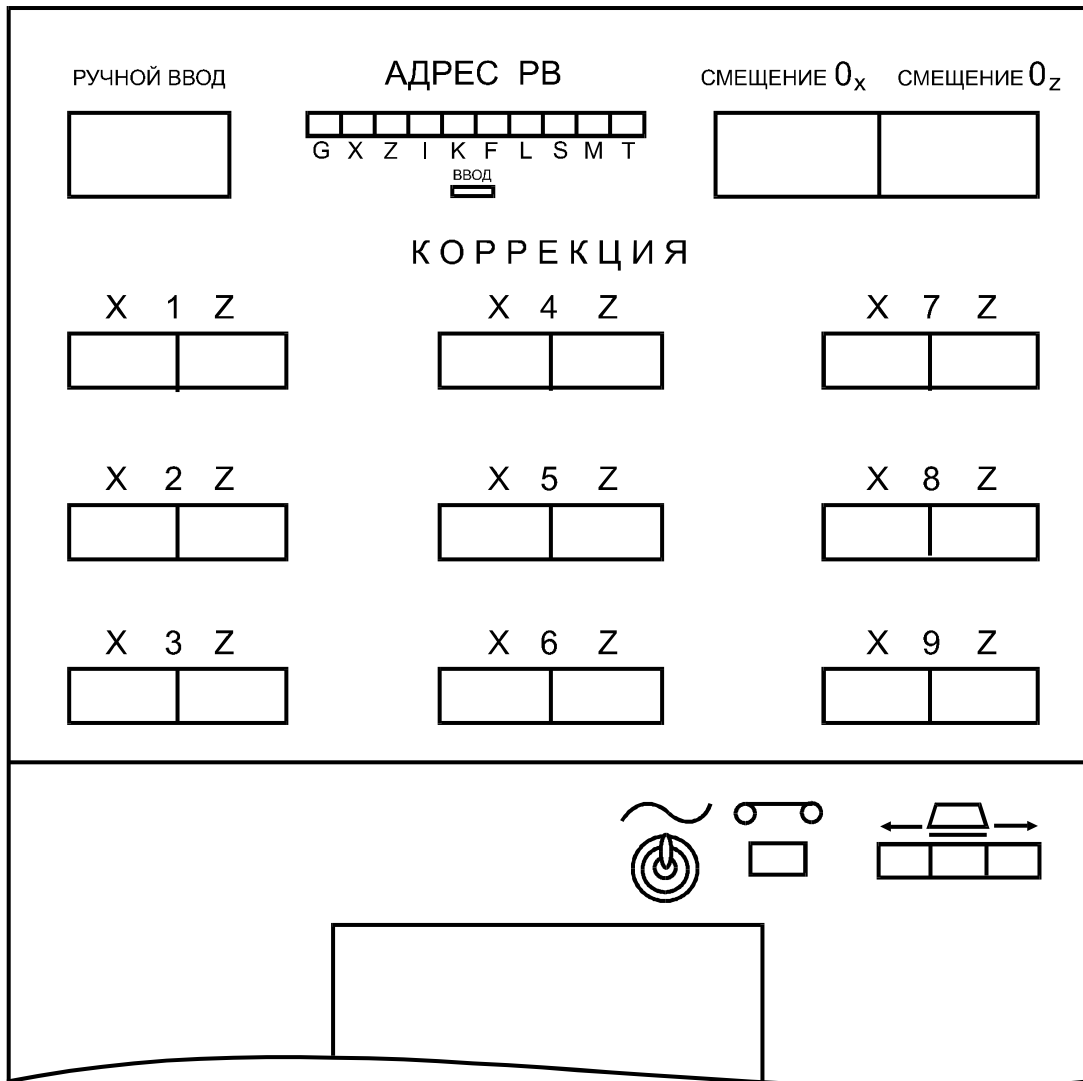


Рисунок 4.10 - Пульт корекції ПЧПУ N22-1MT1

На пульті пристрою управління кроковими приводами (ПУКП) (рис. 4.11) розташовані:

- кнопка ВКЛ – вмикання ПЧПУ в електромережу;
- кнопка ВЫВК – вимикання ПЧПУ;
- шість пар лампочок стану фаз двигунів по осях X та Z.

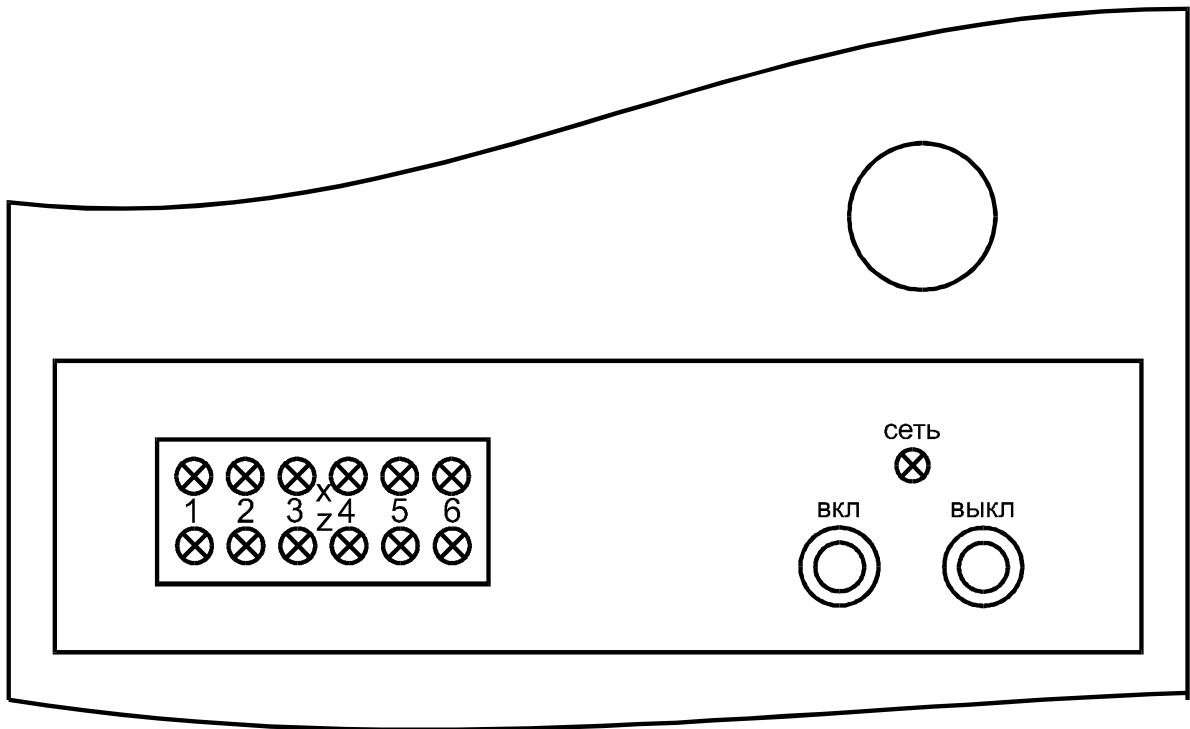


Рисунок 4.11 - Пульт ПУКП ПЧПУ H22-1MT1

Перед вмиканням верстата необхідно на пульті оператора встановити перемикач режиму робіт у положення РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ. На пульті управління верстатом встановити: перемикач режиму робіт в положення “Наладка”; перемикач напрямку обертання шпинделя у середнє положення; регулятори частоти обертання шпинделя – у крайнє лівє положення; перемикач затискання і розтискання пневмопатрона – у положення “Затиснуто”; перемикач циклу роботи – у правє положення при роботі з механічним патроном або у лівє – при роботі з пневмопатроном.

Вмикання верстата відбувається у такій послідовності:

- вмикається ввідний автомат, розташований на електрошафі верстата;
- натискається кнопка “Управління ввімкнути”, розташована на пульті управління верстатом;
- вмикається тумблер ФСУ, розташований на пульті корекції ПЧПУ;
- натискається кнопка ВКЛ, розташована на пульті ПУКП.

До наладки верстата і пристрою ЧПУ повинні допускатися тільки кваліфіковані наладчики та оператори, що мають досвід роботи та верстаті або пройшли курси з підготовки наладчиків.



Якщо наладка верстата вже виконана, то необхідно:

- перемикач “Програма” – “Наладка” встановити в положення “Програма”;
- встановити перфострічку на початок програми;
- перемикач режимів встановити в положення ПРОВЕРКА ЛЕНТЫ;
- натиснути кнопку ПУСК.

При наявності похибки у програмі відбувається зупинка фотозчитувального пристрою і висвітлюється табло СБОЙ ЧПУ при похибці по структурі адреси, або СБОЙ ВВОДА і СБОЙ ЧПУ при похибці по парності.

Якщо похибки не виявлено, то необхідно перемикач режимів встановити в положення РЕВЕРС, натиснути кнопку ПУСК. При цьому відбувається перемотка перфострічки на початок програми. Далі слід перемикач режимів встановити в положення СБРОС і натиснути кнопки СБРОС, ЛОГИКА, ПРИВОД.

Для роботи в автоматичному режимі треба встановити перемикач режимів у положення АВТОМАТ, відтиснути кнопку СБРОС, натиснути кнопку ВВОД. При наявності у програмі адрес G58 – зміщення нуля та L – корекція, слід на відповідних декадних перемикачах пульта корекції набрати необхідну інформацію. Далі на пульті управління верстатом регуляторами частоти встановити потрібні частоти обертання шпинделя; натиснути кнопку ПУСК. При цьому відбувається автоматичне зчитування та відпрацювання програми. Для здійснення технологічного зупинника програми при наявності в ній команди M001 необхідно користуватися кнопкою ТЕХНОЛ. ОСТАНОВ, для продовження роботи – кнопкою ПУСК. Для покадрового відпрацювання програми слід користуватися кнопками КОНЕЦ КАДРА і ПУСК. Зупинка відпрацювання геометричної інформації в будь-якому місці програми досягається натисканням  
кнопки  
СТОП ПОДАЧИ.

## ГЛАВА 5

### УПРАВЛІННЯ ПРОМИСЛОВИМИ РОБОТАМИ

#### 5.1 Управління промисловим роботом М10П.62.01 з ПЧПУ «Контур-1»

Пульт навчання промислового робота (ПНПР) складається з клавіатури, індикаторів та світловодів стану, режимів і функцій (рис. 5.1).

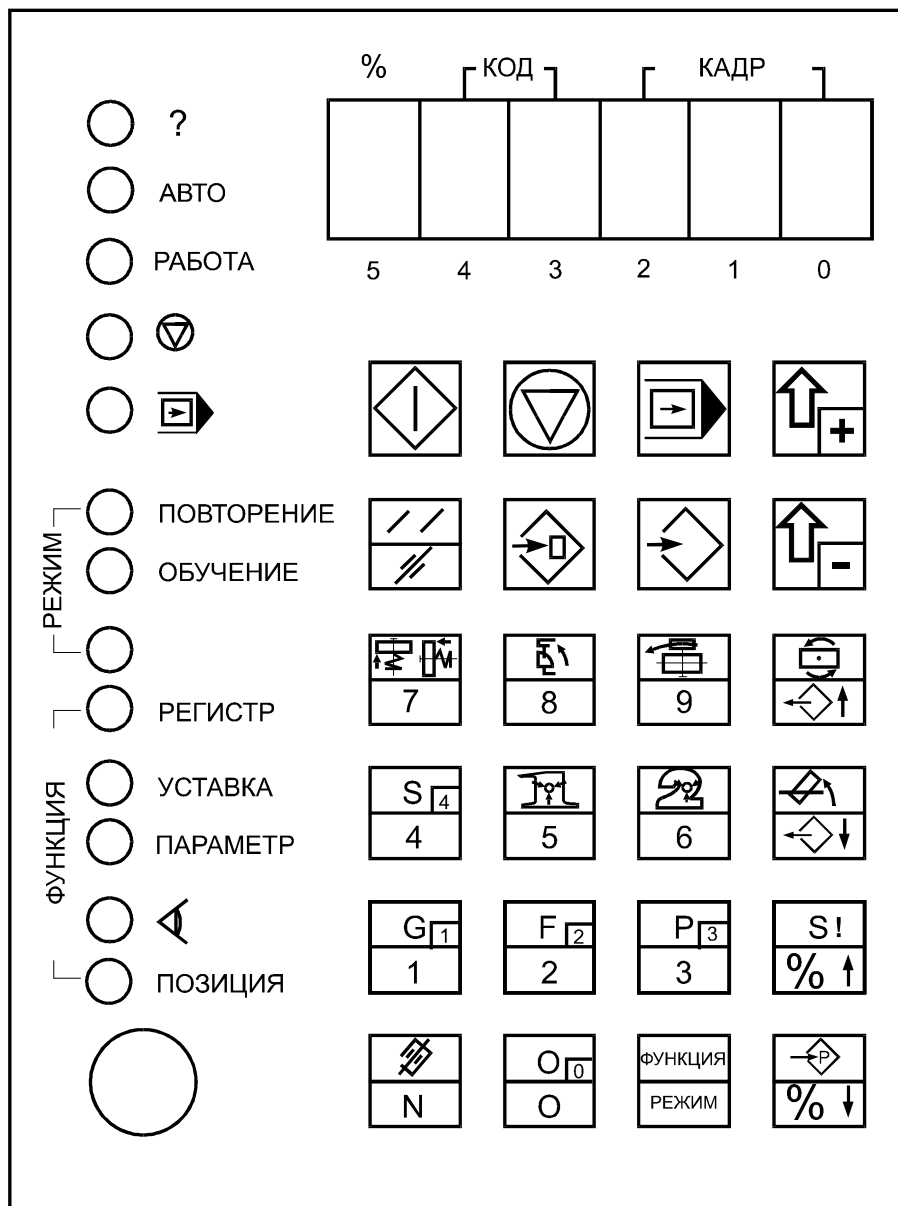
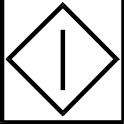


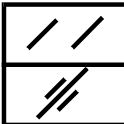
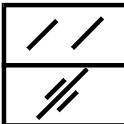
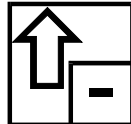
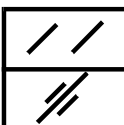
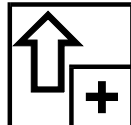
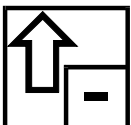

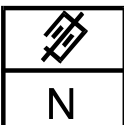

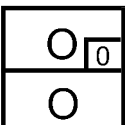

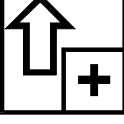
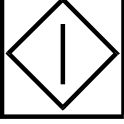
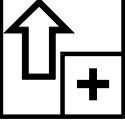
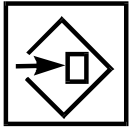


Рисунок 5.1 - ПНПР М10П.62.01

У табл. 5.1 надано перелік основних команд, що подають з ПНПР. Для деяких команд необхідно натискати одночасно декілька клавіш.

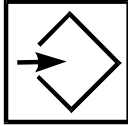
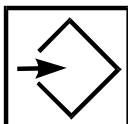
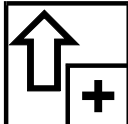
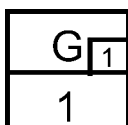
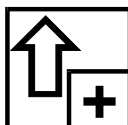
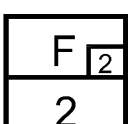
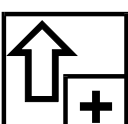
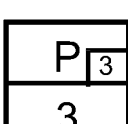
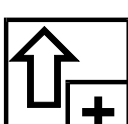
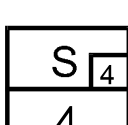
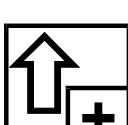
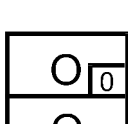

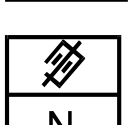

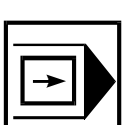
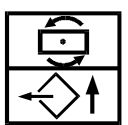
Таблиця 5.1 - Команди управління ПР М10П.62.01

Клавіші, що натискають	Команда управління
 	Пуск
	Стоп
	Забій цифрової інформації, що вводять
 	Скидання номера помилки
  	Повторний запуск програмного забезпечення
	Знак “ – “
 	  Очищення регістрів, уставок, введення стандартних параметрів, стирання всіх УП
	
	 Припинення роботи

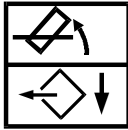
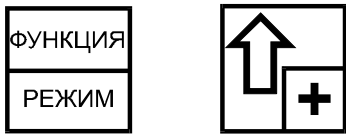
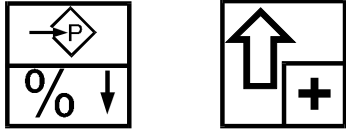


Введення номера програми, кадру,  
G-функції, F-подачі, S-функції. Коман-  
да "Введення"

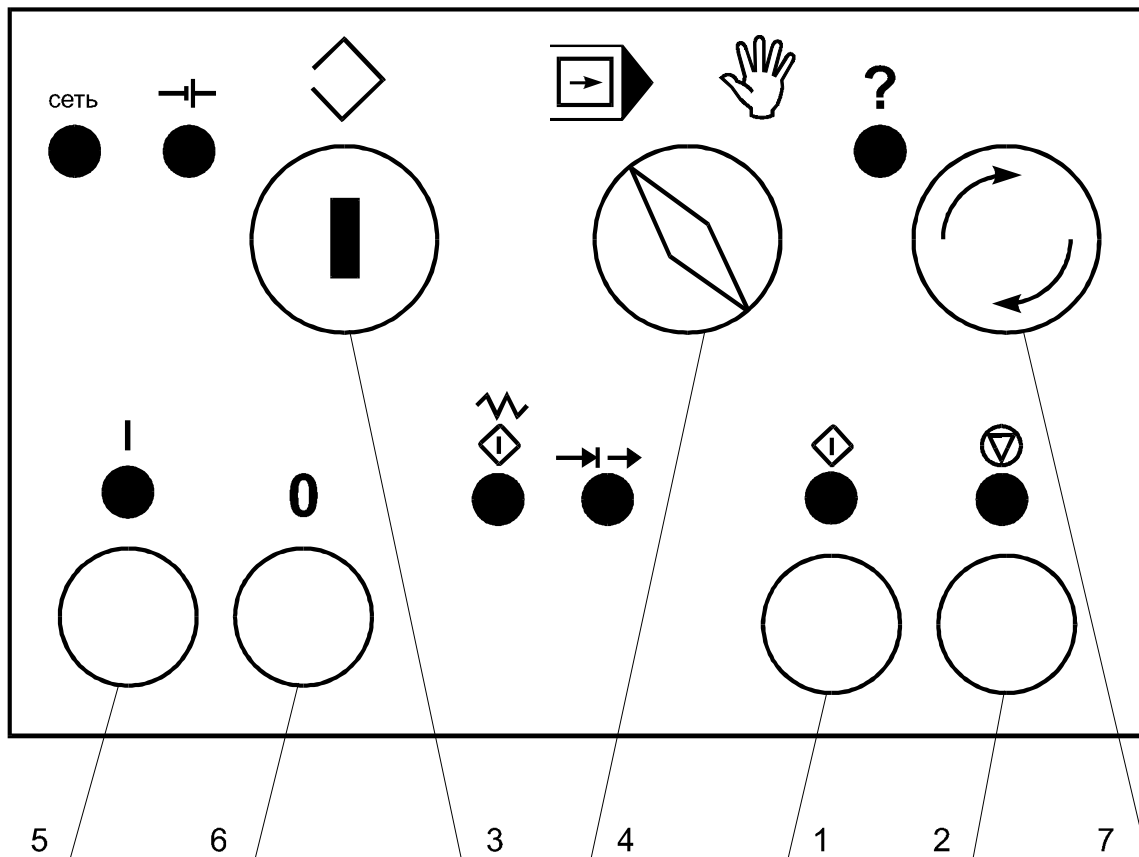
Продовження таблиці 5.1

Клавіші, що натискають	Команда управління
	Введення даних у реєстри, уставки, вибір режиму роботи в “Редагуванні”. Запуск виконання тестів вмонтованої діагностики
 	Введення даних у параметри
	 G-функція
	 F-подача
	 P-позиція
	 S-функція
	 Програма
	Кадр
	Режим
	Покрокова робота
	Наступний

Продовження таблиці 5.1

Клавіші, що натискають	Команда управління
	Попередній
	Функція
	Навчання позиції

Пульт оператора промислового робота М10П.62.01 зображений на рис. 5.2.



1 – кнопка “Пуск”; 2 – кнопка “Стоп”; 3 – ключ блокування пам’яті; 4 – перемикач “Дозвіл роботи з верстатом” – “Блокування роботи з верстатом”; 5 – вмикання ПЧПУ ПР; 6 – вимикання ПЧПУ ПР; 7 – аварійний стоп

Рисунок 5.2 - Пульт оператора

Після вмикання живлення ПЧПУ ПР, повторного запуску програмного забезпечення, збоїв приводу необхідно здійснити вихід ПР у нульову точку. Ознакою такої необхідності є блимання світлодіода “Робота”. Вихід у нульову точку здійснюється тільки у режимі навчання “Обучение” після виконання команди “Пуск” (див. табл. 5.1).

Для введення програми слід подати команду “Програма”, набрати номер програми і ввести його до пам’яті, подавши команду “Ввід”. Далі автоматично надається можливість введення змісту нульового кадру. Для введення подачі треба подати команду “F-подача”, після цього набрати номер необхідної подачі і ввести командою “Ввід”. Для навчання ПР позиції подається команда “Р-позиція”: за допомогою відповідних клавіш промисловий робот переміщують у потрібне положення і подають команду “Навчання позиції”. Далі вводять “S-функції”; якщо не встановлена індикація їх введення (цифра “4” на п’ятому індикаторі), то необхідно подати команду “S-функція”, набрати її значення і ввести до пам’яті командою “Ввід”. Після набору номерів S-функцій, кожного з їх аргументів необхідно подавати команду “Ввід”. Перехід до наступного кадру здійснюється автоматично після введення функції S00. Після введення функції S99 перехід до наступного кадру не відбувається.

Якщо у кадрах програми використовуються G-функції, то для їх введення слід подати команду “G-функція”, набрати її цифровий номер та ввести до пам’яті командою “Ввід”. Слід пам’ятати, що на п’ятому індикаторі висвітлюється цифра коду команди (“1” – “G-функція”, “2” – “F-подача”, “3” – “Р-позиція”, “4” – “S-функція”). У випадку, якщо необхідно ввести якусь з цих команд до пам’яті робота, а код команди вже встановлений, то саму команду можна не подавати, а вводити тільки її цифрове значення.

Відпрацювання програми починається або за командою “Пуск робота”, записаною в управляючій програмі верстата, або за командою “Пуск”, якщо заблокована робота з верстатом. На пульті ПР при цьому повинно бути встановлено режим “Повторение”. При відпрацюванні

програми переміщення у точку, задану в кадрі, відбувається спочатку по координаті X(Z), потім – по координаті A(C), потім – по координаті B (рис. 5.3). Координатні осі промислового робота М10П.62.01 показані на рис 5.3.

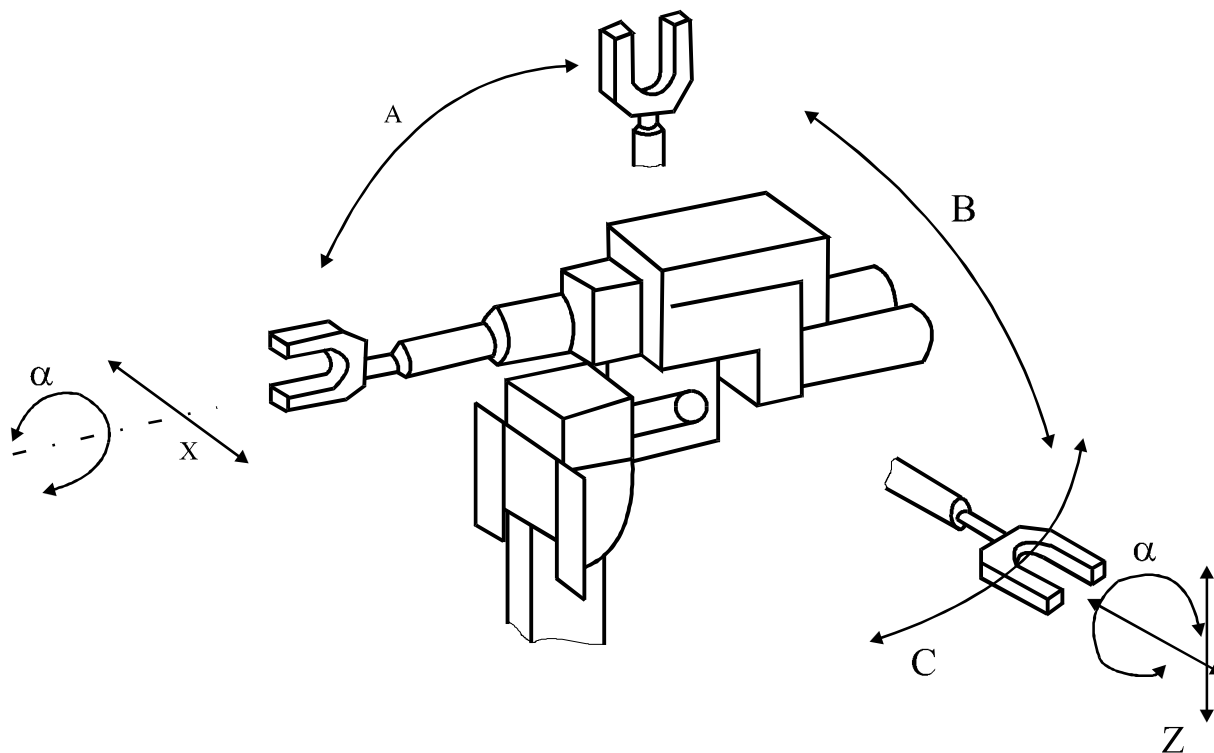


Рисунок 5.3 - Координатні осі ПР М10П.62.01



## 5.2 Управління промисловим роботом М20П.40.01 з ПЧПУ «Ізот»

На рис. 5.4 показано зовнішній вигляд пульта навчання. На ньому розташовані 32 функціональні клавіші, кнопка “Аварійний стоп”, 25 індикаторів (світлодіодів) та дворядовий дисплей відповідно з третьою та шостою секціями. Клавіші розташовані групами залежно від їх призначення. У табл. 5.2. описані функції кожної з них.

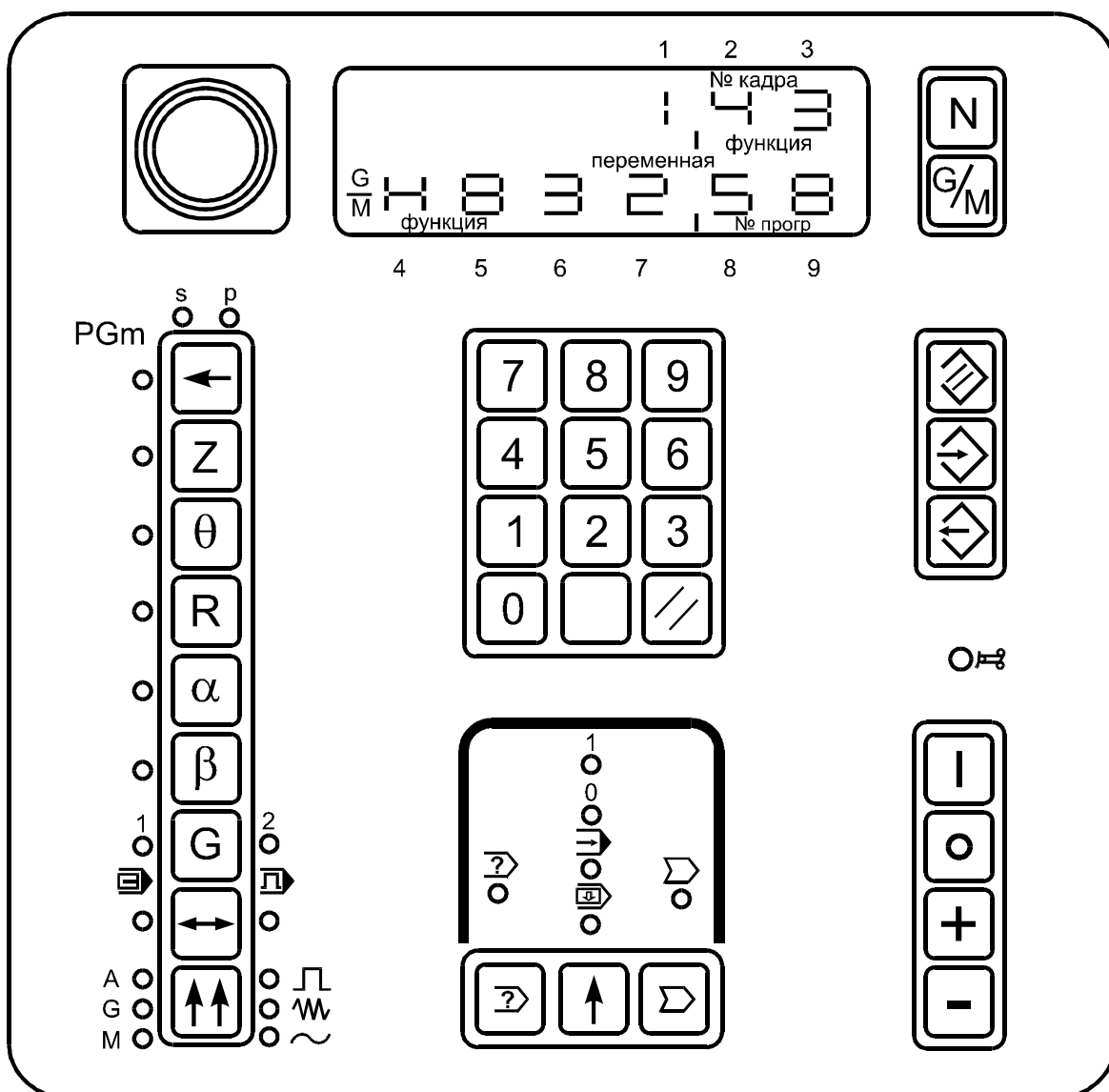
























Рисунок 5.4 - Пульт навчання промислового робота М20П.40.01

Таблиця 5.2 - Функції клавiш пульта навчання

Клавiша	Функція
	Стирання останнього введеного символу
	Вибір номера кадру або параметра
	Вибір G-функції або M-функції
	Стирання команди
	Запис команди, параметра або точки
	Читання команди, програми, параметра або точки
	Стоп
	Пуск
	Ручний рух у напрямку “+”
	Ручний рух у напрямку “-”
	Вибір програми, кадру або точки
	Вибір осі Z (вгору, вниз)
	Вибір осі $\theta$ (проти або за годинниковою стрілкою)
	Вибір осі R (вперед, назад)

Продовження таблиці 5.2

Клавiша	Функція
	Вибір осі $\alpha$ (рух хвата за або проти годинникової стрілки)
	Вибір осі $\beta$ (рух хвата вліво або вправо)
	Вибір хвата
	Покрокове або автоматичне виконання програми
	Вибір підрежиму при ручному русі або інтерпретації програми
	Вибір режиму “Діагностика”
	Вибір режиму “Обучение” або “Воспроизведение програми”
	Вибір режиму “Работа с ВЗУ”

Координатні осі промислового робота М20.П.40.01 (РБ241Б) показані на рис.5.5.

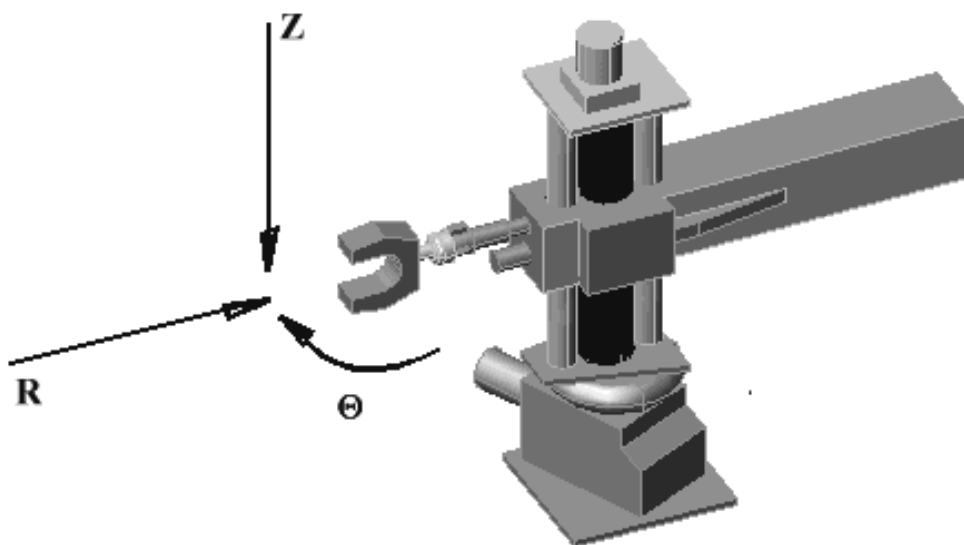







Рисунок 5.5 - Координатні осі ПР М20.П.40.01

Входження в режим введення управляючої програми здійснюється кількарізним натисканням клавіші  до висвітлювання символу  “Обучение”. Натисканням клавіші  вибирають головні підрежими при навчанні промислового робота. Багаторазове натискання на цю клавішу висвітлює світлодіоди, що розташовані справа та над нею. Їхні значення такі: PGm — запис, стирання та перейменування програм; S — запис, корекція та стирання команд у програмі; P — запис, корекція та стирання точок.

Для запису номера програми треба увійти в підрежим “PGm”, набрати номер програми (від 1 до 99) і, якщо у пам’яті ПЧПУ ПР програми під таким номером немає (на четвертому індикаторі висвітлено знак “-”),



натиснути клавішу  (“запис”). Далі автоматично встановлюється підрежим “S”, а на індикаторі номера кадру — число 001. Кількарізним

натисканням клавіші  встановлюється можливість введення або G-функцій (на четвертому індикаторі висвітлюється прямокутник у верхній частині індикатора), або M-функцій (на четвертому індикаторі висвітлюється прямокутник у нижній частині індикатора). Після введення номера функції, а також кожного з операндів, треба натискати клавішу “Запис”. Слід пам’ятати, що найменування операндів (P, T, C, U, R, V, S, L, F, J) ніде не висвітлюється і ніяким чином не вводиться, а використовується тільки для спрощення читання та створення управляючої програми. Після введення останнього операнда функції або номера функції, яка не має операндів, автоматично встановлюється номер наступного кадру, а після введення команди M02 подальший запис програми є неможливим.

Запис номера та координати точки здійснюється у підрежимі “P”. Для того, щоб надати необхідній точці позиції номер, потрібно: клавішами “Z”, або “θ”, або “R”, або “α”, або “β”, або “G” вибрати вісь, по якій слід переміщати хват робота і, натискаючи клавіші “+” або “-”,

встановити робот у відповідне положення; набрати номер точки відповідно до програми і ввести його до пам'яті, натиснувши клавішу “Запис”. Таким чином, ПЧПУ ПР запам'ятовує номер точки та її положення в просторі. Послідовним переміщенням хвата робота по координатних осях у відповідні положення, згідно з програмою та нумерацією цих положень, відбувається надання точкам відповідних номерів та запам'ятовування цих положень.

Після включення робота, перед початком роботи, виконанням програми та роботою в режимі навчання, слід обов'язково встановити робот у нульове положення. Для цього, управляючи клавішами переміщень, необхідно встановити хват робота у положення, близьке до нульового, і натиснути клавішу “Пуск”.

Для відпрацювання управляючої програми потрібно, натискаючи клавішу  , перейти у режим  “Автомат”. Відпрацювання програми починається або по команді M20 від ПЧПУ верстата, або натисканням клавіші “Пуск”.

## ГЛАВА 6

### ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕРСТАТІВ З ЧПУ ТА РТК

#### 6.1 Призначення та технічні характеристики верстата мод. 16K20T1

Верстат токарний програмний з оперативною системою управління моделі 16K20T1 призначений для токарної обробки за один або кілька проходів у замкненому напівавтоматичному циклі зовнішніх та внутрішніх поверхонь деталей типу тіл обертання зі ступінчастим та криволінійним профілем різної складності, включаючи нарізування кріпильної різьби.

Програма переміщень інструмента та допоміжні команди вводяться до пам'яті оперативної системи управління з клавіатури пульта або касети зовнішньої пам'яті.

Верстат використовується в індивідуальному, дрібно серійному та серійному виробництві з дрібними партіями деталей, що повторюються. Верстати випускаються в спеціальному та спеціалізованому виконанні з наладкою за комплектом замовлення, укомплектовуються оперативною системою числового програмного управління "Електроніка НЦ-31". Технічні характеристики верстата подані у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 - Технічні характеристики верстата мод.16K20T1

Найменування параметрів	Значення параметрів
Найбільший діаметр виробу, що встановлюється над станиною, мм	500
Найбільший діаметр виробу, що обробляється над супортом, мм	215
Висота різця, що встановлюється в різцетримачі, мм	25
Кількість координат, що управляються / найбільша кількість координат, що управляються одночасно	2/2

Продовження таблиці 6.1

Найменування параметрів	Значення параметрів
Найбільша довжина виробу, що встановлюється, мм	1000
Найбільша довжина обробки, мм	900
Центр у шпинделі передньої (шпиндельної) бабки за ГОСТ 13214-79	7032-0043 Морзе 6
Кінець шпинделя фланцевого за ГОСТ 12593-72	6К
Найбільший діаметр прута, що проходить крізь отвір у шпинделі, мм	53
Центр у пінолі задньої бабки за ГОСТ 13214-79	7032-0035 Морзе 5
Кількість швидкостей шпинделя	22
Кількість швидкостей, що автоматично перемикаються	9
Частота обертання шпинделя, об/хв	12,5 - 2000
Діапазони частоти обертання шпинделя, що встановлюються вручну, об/хв: 1 діапазон 2 діапазон 3 діапазон	12,5 - 200 50 - 800 125 - 2000
Діапазон подач, мм/об: поздовжніх поперечних	0,01 - 2,8 0,005 - 1,4
Максимальна швидкість робочої подачі, мм/хв: поздовжньої поперечної	2000 1000
Швидкість швидких ходів, мм/хв: поздовжніх поперечних	6000 5000
Дискретність переміщень, мм: поздовжніх поперечних	0,01 0,005
Границі кроків різьб, що нарізаються, мм	0,01 - 40,959
Кількість позицій автоматичного поворотного різцетримача	6
Найбільший крутний момент на шпинделі, кГм	100
Габаритні розміри верстата, мм: довжина ширина висота	3175 1700 1700
Маса верстата, кг	4100
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	11
Сумарна потужність усіх електродвигунів, кВт	14,72
Сумарна потужність, що споживається, кВт	24

## 6.2 Технічні дані та характеристики РТК

Роботизовані токарні комплекси (РТК) мод. 16К20ФЗР232, 16К20ФЗР132, 16К20РФЗР232, 16К20РФЗР132 призначені для токарної обробки деталей тіл обертання в автоматичному циклі з обмеженою участю обслуговуючого персоналу.

РТК призначені для обробки деталей зі штучних заготовок з затисканням у механізованому патроні та підтисканням, при необхідності (на комплексах 16К20ФЗР232 та 16К20ФЗР132) – центром, змонтованим у пінолі задньої бабки, з механізованим приводом переміщення пінолі. При підготовці РТК до роботи, заготовки встановлюють на пластини тактового стола. У циклі роботи РТК заготовки автоматично по чергово передаються роботом з тактового стола на верстат. Оброблені деталі передаються роботом з верстата на вільні пластини тактового стола або в тару.

Програма обробки визначеної деталі вводиться в ПЧПУ верстата з клавіатури, магнітної стрічки або по телеканалю.

Програма переміщень робота для установки та зняття визначеної деталі вводиться в ПЧПУ робота у режимі навчання і може зберігатися в пам'яті ПЧПУ робота.

РТК виготовляються на базі верстата мод. 16К20ФЗР232, промислових роботів напільного типу мод. М20П.40.01 або пристроюваного типу мод. М10П.62.01 з ПЧПУ “Контур-1” або “Ізот”, тактових столів мод. СТ220 або СТ220-1 у різноманітних модифікаціях.

РТК виготовляються та постачаються як спеціальне обладнання для обробки визначеного кола деталей у дрібно серійному та серійному виробництві з партіями деталей, що повторюються. У табл. 6.2 подані основні технічні дані та характеристики РТК 16К20ФЗР232 з промисловим роботом М20П.40.01 напільного типу та РТК 16К20ФЗР132 з промисловим роботом М10П.62.01 вбудовуваного типу.



Таблиця 6.2 - Технічні дані та характеристики РТК

Найменування параметрів	Значення параметрів РТК мод.	
	16К20Ф3Р232	16К20Ф3Р132
Потужність верстата, кВт	25	25
Найбільший крутний момент на шпинделі, кГм	100	100
Перетин різця, мм	25 × 25	25 × 25
Кількість позицій автоматичного різцетримача	6	6
Найбільший діаметр виробу, що встановлюється, мм:		
над станиною	500	500
над супортом	215	215
Найбільше поздовжнє переміщення супорта, мм	900	900
Діапазон частот обертання, об/хв	22,4 - 2240	22,4 - 2240
Діапазон обертання шпинделя, що встановлюється вручну, об/хв:		
1 діапазон	22,4 - 315	22,4 - 315
2 діапазон	63 - 900	63 - 900
3 діапазон	160 - 2240	160 - 2240
Кількість частот обертання шпинделя, що автоматично перемикаються	безступенево	безступенево
Діапазон кроків різьби, що нарізають, мм	0,01 - 40,969	0,01 - 40,969
Вантажопідйомність робота, кг: сумарна / на один хват	20/10	10/5
Кількість ступенів рухомості робота, на враховуючи хвати	5	6
Тип системи управління роботом	позиційна	позиційна
Обсяг пам'яті системи, точок	600	600
Похибки позиційності, мм	±1	±0,5

## Продовження таблиці 6.2

Найменування параметрів	Значення параметрів РТК мод.	
	16К20Ф3Р232	16К20Ф3Р132
Діапазон захвату по зовнішньому діаметру, мм	20 - 250	20 - 150
Діапазон захвату по внутрішньому діаметру, мм	68 - 268	38 - 168
Розмір пластин на тактовому столі, мм	220 × 220	220 × 220
Вантажопідйомність однієї пластини, кг	20	20
Кількість пластин	24	24
Габарити ПЧПУ верстата, мм: довжина ширина висота	600 700 1600	600 700 1600
Маса ПЧПУ верстата, кг	150	150
Маса робота, кг	594	150
Габарити ПЧПУ робота, мм: довжина ширина висота	500 600 1450	500 600 1450
Маса ПЧПУ робота, кг	200	200
Габарити тактового стола, мм: довжина ширина висота	3260 700 1450	3260 700 380
Маса тактового стола, кг	220	220
Сумарна потужність РТК, кВт	26,7	26
Габарити РТК з урахуванням зони обслуговування (орієнтовно), мм довжина ширина висота	4100 5770 2359	4100 3800 1897
Робоча площа РТК (орієнтовно), м <sup>2</sup>	23,7	15,5

### **6.3 Призначення та основні технічні характеристики верстата мод. ТПК-125ВН2**

Верстат токарний патронний високої точності моделі ТПК-125ВН2 з числовим програмним управлінням призначений для патронної обробки за програмою, записаною на перфострічці, високо-точних деталей з різноманітних матеріалів.

На верстаті можна здійснювати розточування та обточування циліндричних, конічних та фасонних поверхонь, нарізування кріпильної різьби різцем, підрізку торців, проточку канавок.

Верстат обладнано роботом пневматичним РП-901, призначеним для захвата заготовки з магазину, переміщення та установки в токарний патрон, а після обробки – захвату обробленої деталі в патроні, переміщення та укладки її в той же магазин.

Для забезпечення високої точності обробки та збільшення часу зберігання точнісних параметрів верстата рекомендовано глибину різання встановлювати не більше, ніж 0,5 мм на сторону. Програмне управління верстатом дозволяє обробляти деталі складного профілю з великою кількістю переходів в автоматичному режимі, що є економічно вигідним для багатомоделного серійного та дрібно серійного виробництва.

Верстат укомплектовано системою числового програмного управління Н22-1МТ1.

У режимі автоматичного управління верстат може працювати одночасно по двох координатах з автоматичною зміною інструмента.

Основні технічні дані та характеристики верстата мод. ТПК-125ВН2 наведені у табл. 6.3.

Таблиця 6.3 - Основні технічні дані та характеристики верстата мод. ТПК - 125ВН2

Найменування параметрів	Значення параметрів
Клас точності за ГОСТ 21608-76	В
Дискретність завдання переміщень, мм: по осі Z по осі X	0,002 0,001
Найбільша висота різця, що встановлюється в різцетримачі, мм	12
Кількість координат, що управляються	2
Кількість координат, що управляються одночасно	2
Зміна частоти обертання шпинделя в автоматичному циклі обробки	безступеневе
Найбільший рекомендований діаметр обробки, мм	125
Діаметр оброблюваного виробу при автоматичному завантаженні, мм: найбільший найменший	60 4
Найбільша довжина оброблюваного виробу, мм	100
Довжина оброблюваного виробу при автоматичному завантаженні, мм: найбільша найменша	40 4
Центр в шпинделі	Морзе 3АГ6 ГОСТ 25557-82
Частота обертання шпинделя, об/хв	30 - 2000
Найбільше переміщення супорта, мм: поперечного поздовжнього	110 180

## Продовження таблиці 6.3

Найменування параметрів	Значення параметрів
Нестабільність автоматичної зупинки супорта, мм: поперечного поздовжнього	0,001 0,002
Діапазон робочих подач, мм/хв: супорта поперечного супорта поздовжнього	3-90 6-180
Швидкість холостих переміщень, мм/хв: супорта поперечного супорта поздовжнього	400 800
Кількість позицій револьверної головки	6
Місткість магазину	20
Максимально допустима маса заготовки, кг	0,15
Точність позиціонування, мм	$\pm 0,1$
Шорсткість поверхні виробів, що обробляються: кольорові метали (алмазним різцем) сталі	$R_a 0,32$ $R_a 1,25$
Граничне значення рівня шуму, дБ	75
Габарити верстата (без ПЧПУ), мм: довжина ширина висота	1810 920 1720
Маса верстата (без ПЧПУ), кг	2100
Потужність головного електродвигуна, кВт	1,75
Сумарна потужність усіх електродвигунів, кВт	2,8
Сумарна потужність верстата (з ПЧПУ), кВт	4,5

## Список джерел інформації

1. Якимов О.В., Гусарев В.С., Якимов О.О., Линчевський П.А. Тех-нологія автоматизованого машинобудування: Підручник. – К.: ІСДО, 1994. – 400 с.
2. Горбунов Б.И. Обработка металлов резанием, металлорежущий инструмент и станки: Учеб. пособие для студентов немашиностроительных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1981. – 287 с.
3. Конструкция и наладка станков с программным управлением и роботизированных комплексов: Учеб. пособие для СПТУ/ Л.Н. Грачев, В.Л. Косовский, А.Н. Ковшов и др. – М.: Высш. шк., 1986. – 288 с.
4. Программное управление станками и промышленными роботами: Учебник для СПТУ/ В.Л. Косовский, Ю.Г. Козырев, А.Н. Ковшов и др. – М.: Высш.шк., 1986. – 287 с.
5. Устройства числового программного управления: Учеб. пособие для техн. вузов/ И.Т. Гусев, В.Г. Елисеев, А.А. Маслов. – М.: Высш. шк., 1986. – 296 с.
6. Фельдштейн Е.Э. Режущий инструмент и оснастка станков с ЧПУ: Справ. пособие. – Мн.: Вышэйш. шк., 1988. – 336 с.
7. Дерябин А.Л. Эстерзон М.А. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ и в ГПС: Учеб. пособие для машиностроит. техникумов. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.
8. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
9. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. – Т. 1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
10. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. – Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
11. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.

12. Шарин Ю.С. Технологическое обеспечение станков с ЧПУ. – М.: Машиностроение, 1986. – 176 с.

13. Кузнецов Ю.И. Технологическая оснастка для станков с ЧПУ и промышленных роботов: Учеб. пособие для машиностроительных техникумов. – М.: Машиностроение, 1987. – 112 с.

14. Инструментальная оснастка для станков с ЧПУ / Ю.И. Кузнецов, Р.Э. Сафраган, Н.А. Кармышкин; Под общ. ред. Р.Э. Сафрагана. – К.: Техніка, 1988. – 152 с.

15. Режущие инструменты, оснащенные сверхтвердыми и керамическими материалами, и их применение: Справочник / В.П. Жедь, Г.В. Боровский, А.Я. Музыкант, К.М. Ипполитов. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.

16. Лезвийный инструмент из сверхтвердых материалов: Справочник / Н.П. Винников, А.И. Грабченко, Э.И. Гриценко и др.; Под общ. ред. Н.В. Новикова. – К.: Техніка, 1988. – 118 с.

17. Справочник по обработке металлов резанием / Ф.Н. Абрамов, В.В. Коваленко, В.И. Любимов и др. – К.: Техніка, 1983. – 239 с.

18. ГОСТ 25347-82. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки. – М., 1982. – 52 с.

19. Станок токарный программный с оперативной системой управления НЦ-31: Инструкция по программированию 16К20Т1. – М.: Красный пролетарий, 1982. – 109 с.

20. Станок токарный программный с оперативной системой управления 16К20Т1. Руководство по эксплуатации. – М.: Красный пролетарий, 1982. – 105 с.

21. Токарные роботизированные комплексы на базе станков с ЧПУ мод. 16К20Ф3С232, 16К20РФ3С232, 16К20Ф3С132, 16К20РФ3С132 и промышленных роботов с ЧПУ мод. М20П.40.01 и М10П.62.01: Руководство по эксплуатации. – М.: Красный пролетарий, 1985. – 235 с.

22. Программное обеспечение УЧПУ 2Р22 для управления токарным станком модели 16К20Ф3С32: Руководство оператора. – М.: Красный пролетарий, 1985. – 71 с.

23. Станок токарный с числовым программным управлением модели 16К20Ф3С32: Руководство по эксплуатации. Управляющие программы для испытания станка. – М.: Красный пролетарий, 1985. – 14 с.

24. Станок токарный патронный высокой точности с ЧПУ. Модель ТПК-125ВН2: Руководство по эксплуатации. – Савелово: СПО «Прогресс», 1985. – 169 с.

25. Робот пневматический РП-901: Руководство по эксплуатации. – Савелово: СПО «Прогресс», 1987. – 94 с.

26. Программное обеспечение устройства программного управления промышленным роботом Контур-1. – М.: Красный пролетарий, 1985. – 160 с.

27. Микропроцессорное управляющее устройство для промышленных роботов РБ241Б. – Стара Загора, НРБ: ГХО “Изот”, 1986. – 511 с.

28. Стыскин Г.М., Гаевский В.Д. Токарные станки с оперативным программным управлением. – К.: Техніка, 1989. – 176 с.

29. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 1. Нормативы времени. – М.: Экономика, 1990. – 206 с.

30. Общемашиностроительные нормативы режимов резания резцами с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин. Обработка на станках с ЧПУ. – М.: НИИМаш, 1978. – 56 с.



Навчальне видання

**ДОЛЯ** Віктор Миколайович

**ПРОГРАМУВАННЯ, ВВЕДЕННЯ ТА  
ВІДПРАЦЮВАННЯ УПРАВЛЯЮЧИХ ПРОГРАМ  
ДЛЯ ВЕРСТАТИВ З ЧПУ ТА РТК**

Навчальний посібник

Відповідальний за випуск А.І. Грабченко  
Роботу до видання рекомендував О.М.Шелковой

Редактор Л.А. Копієвська  
Комп'ютерний набір В.О. Склепус

План 2003, поз. 6/ 121-03

Підписано до друку 15.03.04. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.  
Друк – RISO. Гарнитура Times New Roman Ум. друк. арк. 7,5.  
Обл. - вид. арк. 9,0. Наклад 100 прим. Зам. № 216. Ціна договірна.

---

Видавничий центр НТУ "ХПІ".

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК №116 від 10.07 2000 р.  
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

---

Друкарня НТУ "ХПІ"  
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21