

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«Харківський політехнічний інститут»

**В. М. Доля**

**ПРОГРАМУВАННЯ РОБОТИЗОВАНИХ  
ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ**

**Навчальний посібник**

Харків  
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«Харківський політехнічний інститут»

В. М. Доля

**ПРОГРАМУВАННЯ РОБОТИЗОВАНИХ  
ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ**

**Навчальний посібник**

для студентів  
спеціальності «Прикладна механіка»  
денної та дистанційної форм навчання

Затверджено  
редакційно-видавничою  
радою університету,  
протокол № 2 від 25.06.2020 р.

Харків  
НТУ «ХПІ»  
2020

УДК 621.81(072)

Д 64

Рецензенти:

*М. К. Князєв*, канд. техн. наук, проф., Національний аерокосмічний університет ім. М.Є.Жуковського «Харківський авіаційний інститут»;

*О. В. Титаренко*, канд. техн. наук, доц., Національна академія Національної гвардії України

У посібнику викладені правила кодування інформації та програмування управляючих програм для роботизованих технологічних комплексів мод. 16К20Ф3Р132, мод. 16К20Ф3Р232, а також верстатів з ЧПУ мод. 16К20Т1 та мод. ТПК-125ВН2. Наведені основні технічні характеристики та призначення роботизованих технологічних комплексів та верстатів з ЧПУ. Розглянуто порядок введення управляючих програм до пам'яті ПЧПУ та відпрацювання цих програм в автоматичному режимі.

Призначено для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка».

**Доля В. М.**

**Д64** Програмування роботизованих технологічних комплексів: навч. посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної та дистанційної форм навчання / В. М. Доля – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. – 162 с.

В пособии изложены правила кодирования информации и программирования управляющих программ для роботизированных технологических комплексов мод. 16К20Ф3Р132, мод. 16К20Ф3Р232, а также станков с ЧПУ мод. 16К20Т1 и мод. ТПК-125ВН2. Приведены основные технические характеристики и назначение роботизированных технологических комплексов и станков с ЧПУ. Рассмотрен порядок введения управляющих программ в память УЧПУ и отработки этих программ в автоматическом режиме.

Предназначено для студентов специальности 131 «Прикладная механика».

Іл. 33. Табл. 73. Бібліогр.: 30 назв.

УДК 621.81(072)

© Доля В. М. 2020



## 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 налагодчикам 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. 16K20T1 з ПЧПУ “Електроніка НЦ-31”, мод. 16K20Ф3С32 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 наведені технічні характеристики та призначення верстатів з ЧПУ та РТК.

У третій главі розглянуто детальний порядок розробки управляючої програми для обробки деталі на верстаті мод. 16K20T1 з ПЧПУ “Електроніка НЦ-31”.

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.

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

# 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 СЧПУ, 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 досконалими. 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 дільницями.

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-присрій-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.

## **1.2. Кодування інформації управляючих програм**

Існують такі методи підготовки управляючих програм (УП): ручне програмування, за яким збирання та упорядкування інформації і нанесення її на програмоносій здійснює технолог-програміст; машинне програмування, за яким такі роботи, як кодування інформації, визначення



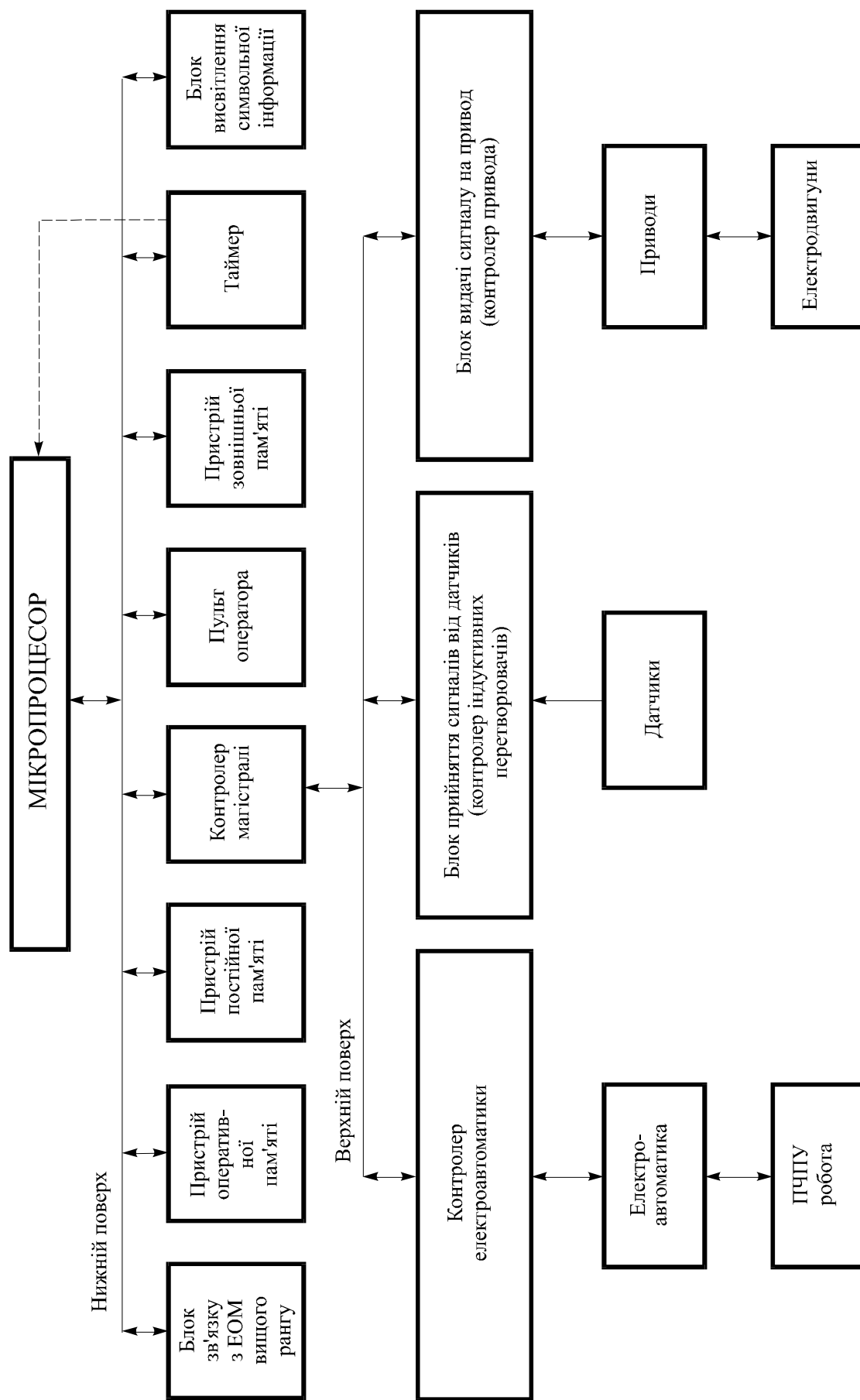


Рисунок 1.1 - Блок-схема системи ЧПУ типу CNC

переміщень інструмента, вибір режимів різання та оптимальної послідовності виконання переходів та інше виконує ЕОМ; машинне програмування біля верстата, що оснащений мікропроцесорним ПЧПУ (у найбільш досконалomu 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

Продовження таблиці 1.1

Символ	Найменування та значення
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

## Закінчення 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 відрізнитися,

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

Продовження таблиці 1.2

Підготовча функція	Значення відповідно до ГОСТ 20999-83
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
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

Продовження таблиці 1.2


Підготовча функція	Значення відповідно до ГОСТ 20999-83	
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	
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	

Продовження таблиці 1.2

Підготовча функція	Значення відповідно до ГОСТ 20999-83	
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	



Закінчення таблиці 1.2

Підготовча функція	Значення відповідно до ГОСТ 20999-83	
G81	Постійний цикл 1	 <p data-bbox="826 616 1385 705">Значення функцій G81 - G89 наведені у табл. 1.4</p>
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	
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 пульта 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
M06	Зміна інструмента. Команда про зміну інструмента вручну або автоматично (без пошуку інструмента). Може автоматично вимикати шпиндель та охолодження
M07	Вмикання охолодження №2. Вмикання охолодження №2, наприклад, мастильним туманом
M08	Вмикання охолодження №1. Вмикання охолодження №1, наприклад, рідиною
M09	Вимикання охолодження. Відміняє M07, M08

Продовження таблиці 1.3

Допоміжна функція	Значення відповідно до ГОСТ 20999-83
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 зупинник шпинделя при досягненні ним певного кутового положення
Від M20 до M29	Не визначені
M30	Кінець інформації. Приводить до зупинки шпинделя, подачі і вимкання 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

Закінчення таблиці 1.3

Допоміжна функція	Значення відповідно до ГОСТ 20999-83
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

Закінчення таблиці 1.4

Функція	Рух у процесі обробки	Дія в кінці обробки		Рух у вихідне положення	Типове використання
		Пауза	Шпиндель		
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

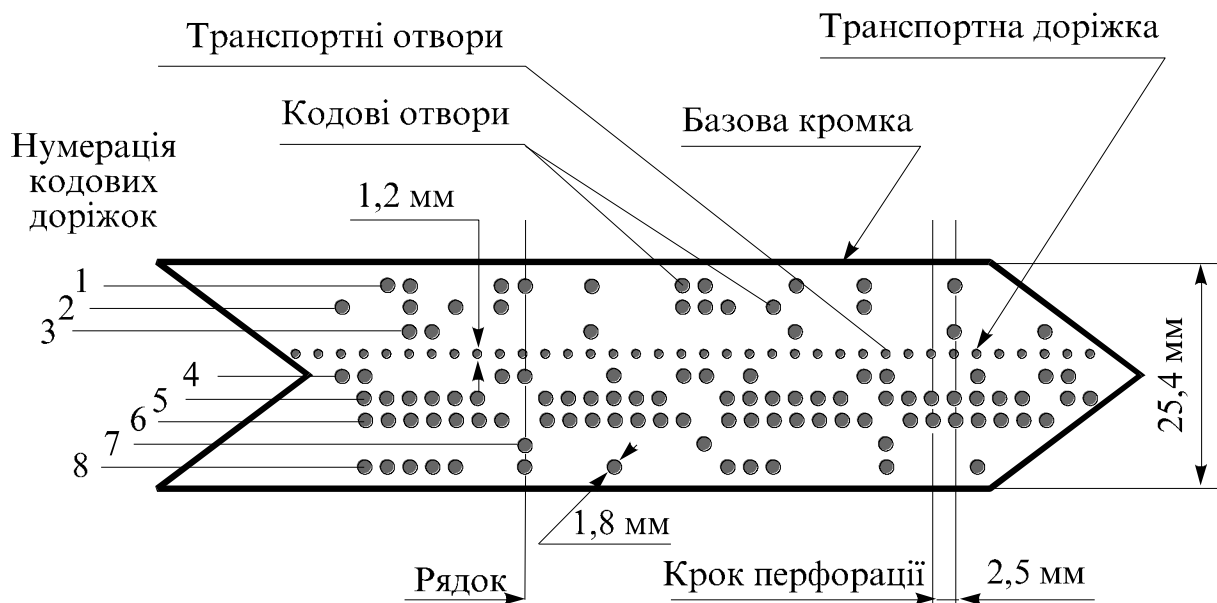


Рисунок 1.2 – Розташування отворів на перфострічці

Після кодування інформації УП у вигляді послідовності кадрів здійснюється запис УП на програмоносії, 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 кодівих отворів. Код визначається місцем перфорації у рядку (рис. 1.2). Символи формату УП подаються комбінаціями кодівих

отворів на перфострічці. Цю операцію при ручному програмуванні виконують на пристрої підготовки перфострічки.

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									Сим- вол	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
		•		•	•				(	Кругла дужка ліва
•		•		•	•			•	)	Кругла дужка права
		•	•		•				0	Ц  и  ф  р  и
•		•	•		•			•	1	
•		•	•		•		•		2	
		•	•		•		•	•	3	
•		•	•		•	•			4	
		•	•		•	•		•	5	
		•	•		•	•	•		6	
•		•	•		•	•	•	•	7	
•		•	•	•	•				8	
		•	•	•	•			•	9	

Продовження таблиці 1.5

Кодова комбінація									Сим- вол	Назва символу
8	7	6	5	4	с	3	2	1		
	•				•			•	A	А  д  р  е  с  и
	•				•		•		B	
•	•				•		•	•	C	
	•				•	•			D	
•	•				•	•		•	E	
•	•				•	•	•		F	
	•				•	•	•	•	G	
	•			•	•				H	
•	•			•	•			•	I	
•	•			•	•		•		J	
	•			•	•		•	•	K	
•	•			•	•	•			L	
	•			•	•	•		•	M	
	•			•	•	•	•		N	
•	•			•	•	•	•	•	O	
	•		•		•				P	
•	•		•		•			•	Q	
•	•		•		•		•		R	
	•		•		•		•	•	S	
•	•		•		•	•			T	
	•		•		•	•		•	U	
	•		•		•	•	•		V	
•	•		•		•	•	•	•	W	
•	•		•	•	•				X	
	•		•	•	•			•	Y	
	•		•	•	•		•		Z	



## Закінчення таблиці 1.5

Кодова комбінація									Сим- вол	Назва символу
8	7	6	5	4	с	3	2	1		
		●	●	●	•		●		:	Двокрапка
		●		●	•		●	●	+	Плюс
		●		●	•	●		●	-	Мінус
●		●		●	•	●	●	●	/	Пропуск кадру
●	●	●	●	●	•	●	●	●	DEL	Забій

### 1.3. Програмування УП для верстата моделі 16К20Т1 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 16К20Т1, 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 буквеної 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 16К20Т1 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


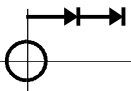
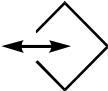
При програмуванні УП використовуються адреси та спеціальні знаки, що наведені у табл. 1.7.

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
---	------------------------------

Закінчення таблиці 1.7

Символ	Значення
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

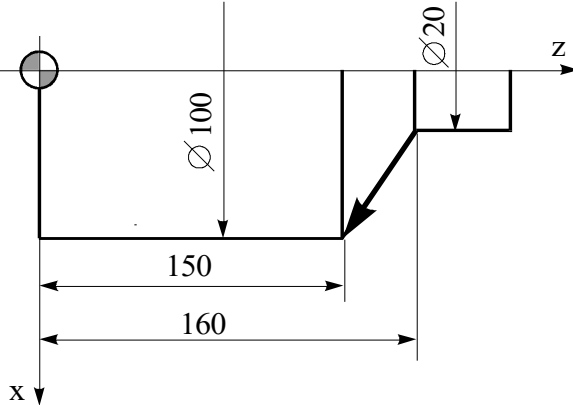


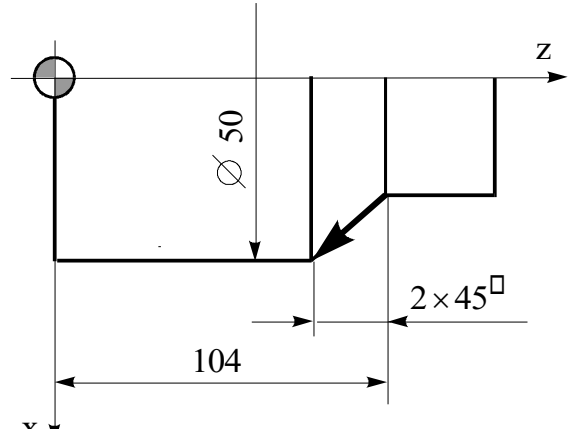


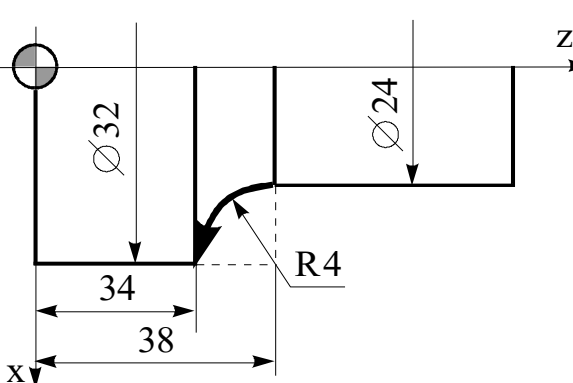



Таблиця 1.9 – Значення технологічних функцій

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

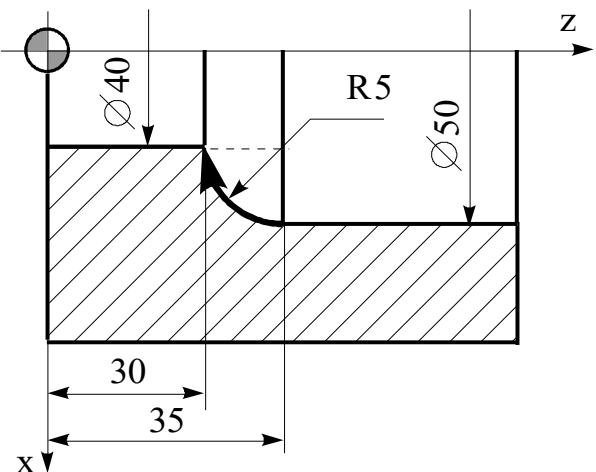



Розглянемо декілька прикладів фрагментів управляючих програм для обробки типових поверхонь деталей (табл. 1.10).

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.

Таблиця 1.10 – Приклади фрагментів УП

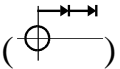
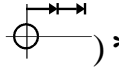
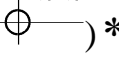
Рисунок поверхні	Фрагмент програми
<p style="text-align: center;">Програмування конуса</p> 	<p>N100 X2000  N101 Z16000  N102 X10000 *  N103 Z15000  або  N102 X8000  *  N103 Z-1000 </p>
<p style="text-align: center;">Програмування фасок під кутом 45°</p> 	<p>N98 X4600  N99 Z10400  N100 X5000 - 45°  або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

Закінчення таблиці 1.10


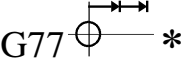
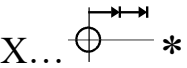
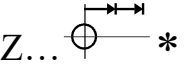
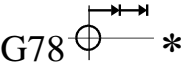
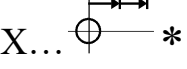
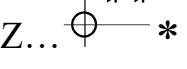
Рисунок поверхні	Фрагмент програми
<p style="text-align: center;">Програмування радіусів</p> 	<p>N100 G12 *                      N101 X4000 *                      N102 Z3000                      або                      N100 G12  *                      N101 X-1000  *                      N102 Z-500 </p>

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

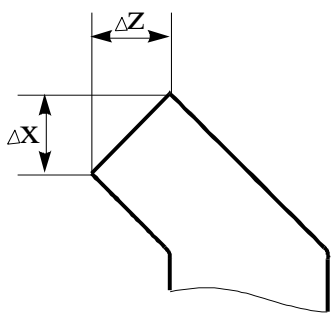
Формат циклу	Значення змісту G-циклу
Програмування радіусних поверхонь вздовж дуги, меншої за 90°	
<p>G3(G2) * </p> <p>X...(X... )*</p> <p>Z...(Z... )*</p> <p>R... *</p> <p>R...</p>	<p>Обхід дуги проти годинникової стрілки                      (Обхід дуги за годинниковою стрілкою)</p> <p>} Координати кінцевої точки дуги                      (прирощення координат)</p> <p>Відстань від першої точки дуги до її центра паралельно осі X</p> <p>Відстань від першої точки дуги до її центра паралельно осі Z</p> <p>Якщо перша точка дуги знаходиться в мінусі відносно центра, то відповідне значення параметра «R» треба програмувати з «-»</p>

Продовження таблиці 1.11

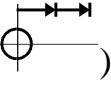
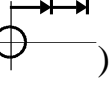
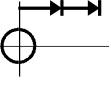
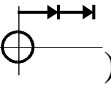
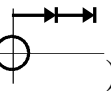
Формат циклу	Значення змісту G-циклу
<b>Програмування циклу зняття припуску вздовж</b>	
<p>  G77 *                      X... *                      Z... *                      R... *                      R...                      або   *   *   *                      R... *                      R...                 </p>	<p>                     Кінцевий діаметр                      Координата Z кінцевої точки проходу на кінцевому діаметрі                      Глибина різання за один прохід                      Довжина скосу припуску вздовж координати Z                      Повний припуск                      Довжина, на якій знімається припуск, мінімальна на кінцевому діаметрі                      Глибина різання за один прохід                      Довжина скосу припуску вздовж координати Z                 </p>
<b>Програмування циклу зняття припуску поперек</b>	
<p>                     G78 *                      X... *                      Z... *                      R... *                      R...                      або   *   *   *                      R... *                      R...                 </p>	<p>                     Діаметр, що обмежує довжину проходу                      Координата торця з урахуванням зняття припуску                      Припуск на прохід                      Перепад діаметра, що обмежує довжину проходу                      Довжина проходу                      Повний припуск                      Припуск на прохід                      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 виклику 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... 	<p>} Нові координати точки</p> <p><math>\Delta x</math></p> <p><math>\Delta z</math></p>  <p>Команда діє тільки на попередньо заданий інструмент і відмінюється при зміні інструмента</p>



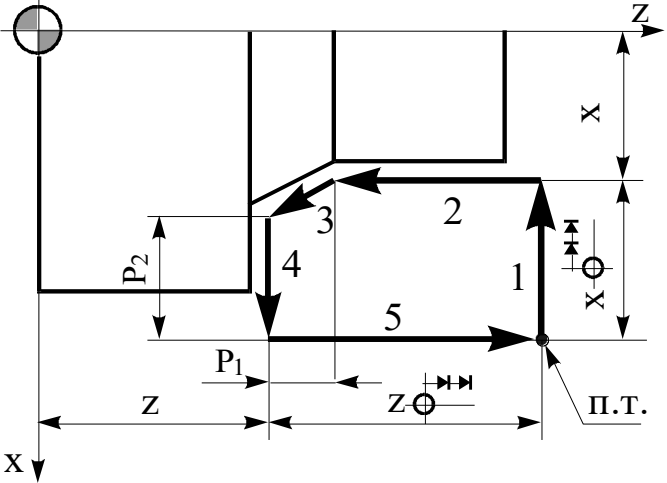




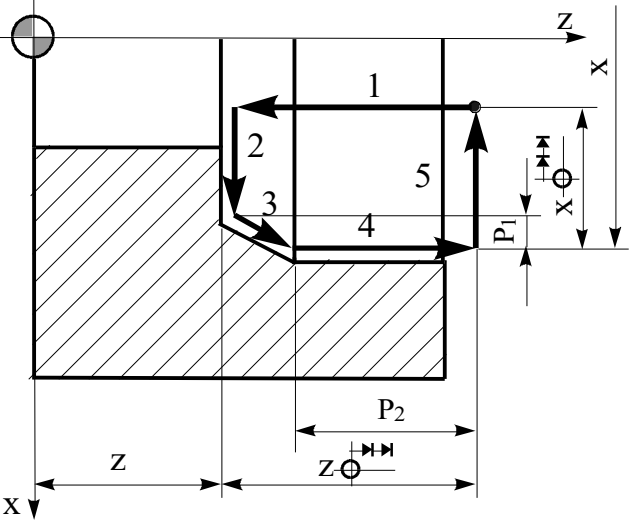
Продовження таблиці 1.11

Формат циклу	Значення змісту G-циклу
<b>Програмування циклу глибокого свердління</b>	
<p>G73 *</p> <p>X...(X...  ) *</p> <p>Z...(Z...  ) *</p> <p>R...</p> <p>Умова: <math>P \leq Z</math> </p> <p><math>P \neq 0</math></p> <p>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>
<b>Програмування багатопрохідного циклу різьбонарізання</b>	
<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)</p> <p>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>



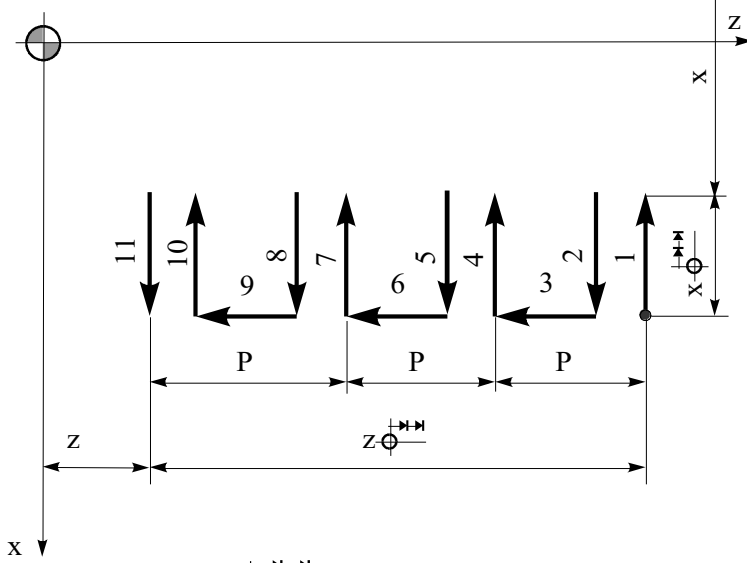

Продовження таблиці 1.11

Формат циклу	Значення змісту G-циклу
<b>Програмування однопрохідного циклу різьбонарізання</b>	
<p>  G32 *            X...(X...  ) *            Z...(Z...  ) *            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> 
<b>Нарізання різьби плашкою або мітчиком</b>	
<p>  G33 *            X...(X...  ) *            Z...(Z...  ) *            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
Програмування однопрохідних циклів	
<p> <math>\sim</math>G70*                      X...(X...)*                      Z...(Z...)*                      P<sub>1</sub>...*                      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                      1.F (<math>\sim</math>), 2.F, 3.F, 4.F, 5. <math>\sim</math></p>
<p> <math>\sim</math>G71*                      X...(X...)*                      Z...(Z...)*                      P<sub>1</sub>...*                      P<sub>2</sub>...                 </p>	

Закінчення таблиці 1.11

Формат циклу	Значення змісту G-циклу
Програмування циклу обробки прямих зовнішніх канавок	
<p> <math>\sim</math>G75*  X...(X...)*  Z...(Z...)*  P... </p>	 <p>Умова: <math>P \leq Z</math> </p> <p>1.F, 2.<math>\sim</math>, 3.F(<math>\sim</math>), 4.F, 5.<math>\sim</math>, 6.F(<math>\sim</math>), 7.F, 8.<math>\sim</math>, 9.F(<math>\sim</math>), 10.F, 11.<math>\sim</math></p>

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».

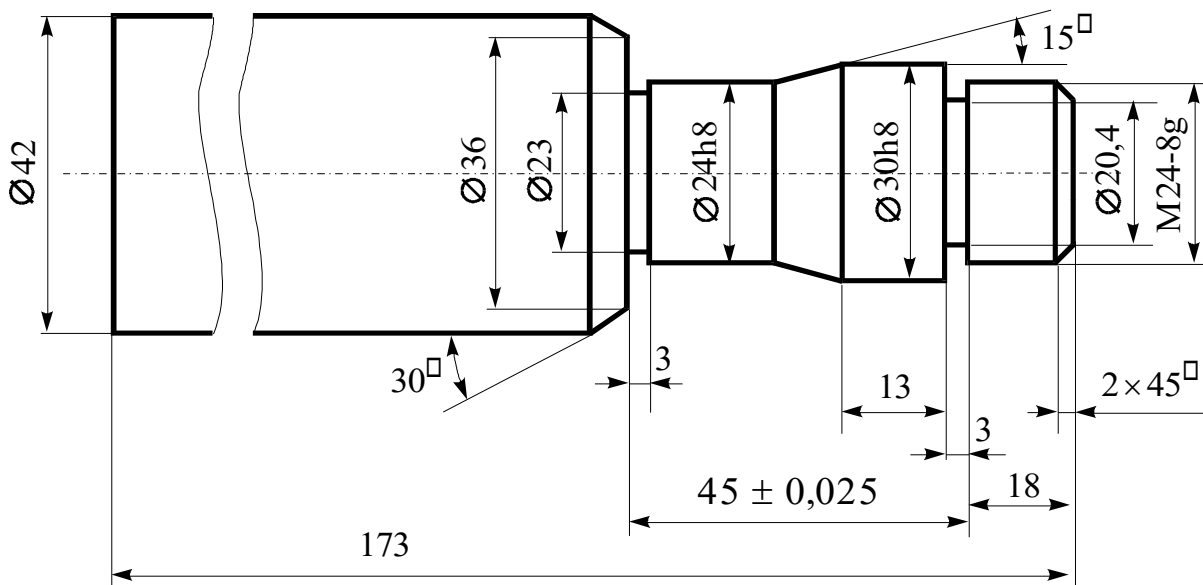














Рисунок 1.3 – Креслення деталі





Таблиця 1.12 – Приклад управляючої програми

№ кад-ру	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	Багатопрохідний цикл точіння вздовж
8	X3100	Координата по осі X останнього робочого ходу
9	Z-6370 	Довжина кожного робочого ходу циклу
10	R300	Глибина робочого ходу
11	X2500 	Вихід по осі X
12	Z-1870 	Проточити $\varnothing 25$ 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	
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

Продовження таблиці 1.12

№ кад-ру	Команда	Елементи управляючої програми
23	Z-100 	Підхід до торця деталі на робочій подачі
24	X2360 – 45°	Зняти фаску 2 × 45°
25	Z15500	Проточити Ø23,60 остаточно на довжину 18 мм
26	X2998	Вихід на розмір по осі X
27	Z-1300 	Проточити Ø30h8 остаточно
28	X2398 *	Проточити конус остаточно
29	Z-1120 	
30	Z11000	Проточити Ø24h8 остаточно на довжину 63 мм
31	X3600	Вихід на розмір по осі X
32	Z-520 	Зняти фаску 30° на Ø42
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 Ø20,4 × 3
42	X3800 	Відхід по осі X
43	Z11000 	Вихід по осі Z на прорізання канавки 2
44	X2290	Прорізання канавки Ø23 × 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

### Закінчення таблиці 1.12

№ кад-ру	Команда	Елементи управляючої програми
48	S6	Встановлення $n = 710$ об/хв
49	Z18300 	Вихід у початкову точку по осі Z
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 пульта 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 пульта 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 вхідних 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:

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

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

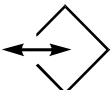
« - » - обертання шпинделя за годинниковою стрілкою.

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

Значення символів адрес наведені в табл. 1.13.

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

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 прирощеннях
W	Переміщення вздовж осі Z у прирощеннях
X	Переміщення вздовж осі X в абсолютних значеннях
Z	Переміщення вздовж осі Z в абсолютних значеннях
	Кінець кадру (ПС)

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

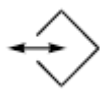
Постійний цикл	Функція, яку виконує пристрій
L01	Цикл нарізання різьби зовнішньої, внутрішньої, циліндричної, конічної, багатопрохідної, однопрохідної
L02	Цикл прорізання прямокутних канавок
L03	Цикл «петля» при зовнішній обробці
L04	Цикл «петля» при внутрішній обробці
L05	Цикл «петля» при торцевій обробці
L06	Цикл глибокого свердління
L07	Цикл нарізання різьби мітчиком або плашкою
L08	Цикл чорнкової 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.

Постійні цикли при введенні з пульта програмуються в режимі діалогу оператора з пристроєм. Діалог відбувається після набору номера циклу і натискання клавіші

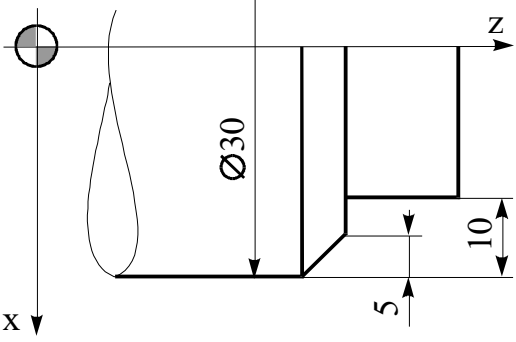
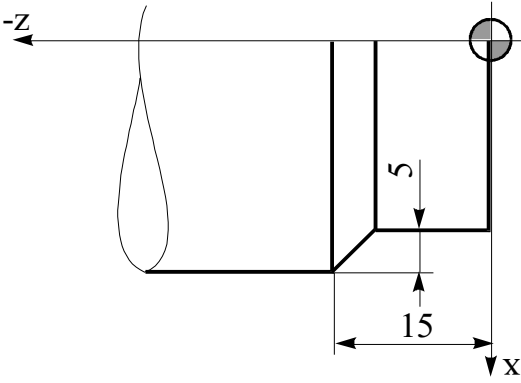
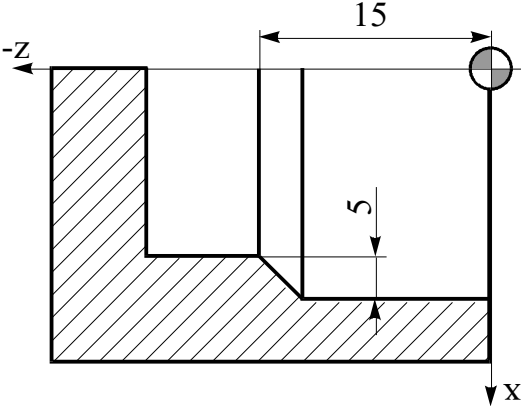
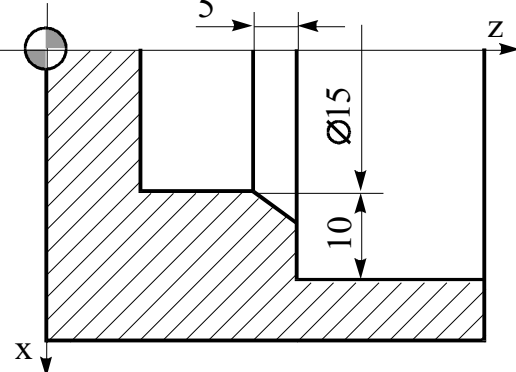


. При цьому на восьмому рядку блока висвітлення символічної інформації (екрані СЧПУ) висвітлюється назва циклу і параметри згідно з табл. 1.18. Адреса параметра висвітлюється поряд з номером циклу. Оператор повинен набрати числове значення параметра і натиснути клавішу



. При цьому висвітлюється назва адреси наступного параметра циклу. Після введення останнього параметра назва циклу зникає з екрана (в режимі ручного управління інформація про цикл зникає з екрана після відпрацювання циклу).

Таблиця 1.17 – Приклади програмування фасок, галтелей, дуг

Рисунок поверхні	Фрагмент кадру	Пояснення
	<p>U20C5 або X30C5</p>	
	<p>Z-15C5 або W-15C5</p>	<p>Фаска під кутом 45° програмується адресою C зі знаком та кінцевим розміром за тою координатою, за якою здійснюється обробка деталі перед фаскою.</p>
	<p>Z-15C-5 або W-15C-5</p>	<p>Знак під адресою C повинен збігатися зі знаком обробки за координатою X.</p> <p>Напрямок за координатою Z програмується тільки у від'ємному напрямку</p>
	<p>U-20C-5 або X15C-5</p>	

Продовження таблиці 1.17

Рисунок поверхні	Фрагмент кадру	Пояснення
	Z-15Q5	
	X40Q7	Галтель програмується адресою Q зі знаком та кінцевим розміром за тою координатою, за якою проводиться обробка деталі перед галтеллю.
	X20Q-5	Знак під адресою Q повинен збігатися зі знаком обробки за координатою X. Напрямок за координатою Z програмується тільки у від'ємному напрямку
	Z10Q-5	

Закінчення таблиці 1.17

Рисунок поверхні	Фрагмент кадру	Пояснення
	U18W-14R24	
	U-24W14R-25	
	X50Z-20R-15	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
	Z29X28R30	

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	Нахил різьби (розмір дорівнює прирощенню діаметрів) для конічних різьб. Для циліндричних різьб $A = 0$
			R-ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ	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-ВЫДЕРЖКА	Витримка часу в сек.
			X-ДИАМЕТР	Внутрішній діаметр канавки
			A-ШИРИНА	Ширина канавки
			R-ШИРИНА РЕЗЦА	Ширина різця
L03	H ПЕТЛЯ	Цикл зовнішньої обробки по координаті Z з автоматичним відскоком та поверненням на швидкому ході у початкову точку	W-ДЛИНА	Довжина петлі
L04	V ПЕТЛЯ	Цикл внутрішньої обробки по координаті Z з автоматичним відскоком та поверненням на швидкому ході у початкову точку	W-ДЛИНА	Довжина петлі



Закінчення таблиці 1.18

Номер циклу	Назва циклу в режимі «Діалог»	Зміст циклу	Параметр в режимі «Діалог»	Примітка
L05	Т 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	H-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 багатопрхідній 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 багатопрхідній 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 однопрхідної 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 (напряв 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 точку, переміщення на швидкому ході у точку, яка знаходиться від точки попереднього свердління на відстані 3 мм, переміщення на робочій подачі на відс-

тань (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 програмують 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).

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 використо-

вуються при програмуванні УП для верстата моделі ТПК-125ВН2 з ПЧПУ «Н22-1МТ1».

Таблиця 1.19 – Символи програмування

Сим-вол	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
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

Закінчення таблиці 1.19

Сим-вол	Кількість рядків слова без адреси	Назва слів (команд)	Наявність адреси у кадрі
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

Закінчення таблиці 1.20

Група	Функція	Значення
1	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
	G31	Колова інтерполяція проти годинникової стрілки, малі розміри
2	G26	Завдання переміщення в прирощеннях (у відносних координатах)
	G27	Завдання переміщення в абсолютних координатах
3	G33	Режим різьбонарізання
	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 Т. Верстат моделі ТПК-125ВН2 обладнано шестипозиційною револьверною головкою. Для пошуку необхідного інструмента за адресою Т 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 Т вказує на те, що відпрацювання наступного кадру починається тільки після надходження потрібного інструменту у робочу позицію. Наприклад, цифра 5 у команді Т105 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 повздовжнього супорта 6-180 мм/хв. Швидкість холостих переміщень: для поперечного супорта – 400 мм/хв; для повздовжнього супорта – 800 мм/хв. Приклад програмування подач наведений у табл. 1.23.

Таблиця 1.23 – Програмування подач (приклад)

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 завдання 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 разрядність 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
	<pre> N023 G27 N024 G01Z + 41000X + 50000F10300 N025 Z + 17500 N026 Z + 07000X + 35000 </pre>

Закінчення таблиці 1.24

Приклад траєкторії руху	Фрагмент програми
	<pre>N014 G26 N015 G01Z - 10500X - 15000 F10300 N016 Z - 25000 N017 Z - 12500X + 25000</pre>
	<pre>Траєкторія P<sub>1</sub>P<sub>2</sub> N015 G26 F10300 N016 G02Z - 12000X + 30000 K + 22000 I + 10000 або N015 G27 F10300 N016 G02Z + 15000X + 60000 K + 22000 I + 10000</pre>
	<pre>Траєкторія P<sub>2</sub>P<sub>1</sub> N015 G26 F10300 N016 G03Z + 12000X - 30000 K + 10000 I + 40000 або N015 G27 F10300 N016 G03Z + 27000X + 30000 K + 10000 I + 40000</pre>

Кожний кадр програми повинен містити: порядковий номер кадру, числову інформацію з відповідними адресами, символ кінця кадру LF. Максимальний номер - 999. Порядок номерів кадрів у програмі може бути довільним, оскільки номер кадру не впливає на хід програми. Символ «пропуск кадру» ( / ) обов'язково програмується перед символом «номер кадру» ( N ), символ «підготовча функція» ( G ) - обов'язково після номера кадру, символ «номер корекції» ( L ) – обов'язково перед символом «кінець кадру» ( LF ). Інші слова можна розташовувати у кадрі в довільній послідовності. Однак рекомендується наступна послідовність адрес:

/, N, G, F, X, Z, I, K, M, S, T, L, LF.

Присутність тієї або іншої адреси (слова) у кадрі обґрунтована програмою. Відсутність слова вказує на незмінність даної інформації відносно попереднього кадру. У пристрої ЧПУ всі слова, що входять до складу одного кадру, починають відпрацьовуватися одночасно. В одному кадрі не дозволяється повторювати слова з однаковою адресою.

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
$K \leq 0,5$	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 запрограмовані 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 «Н22-1МТ1» можна програмувати корекцію положення інструмента, яку уточнюють при обробці пробної деталі і набирають на декадних перемикачах пульта 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	
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».

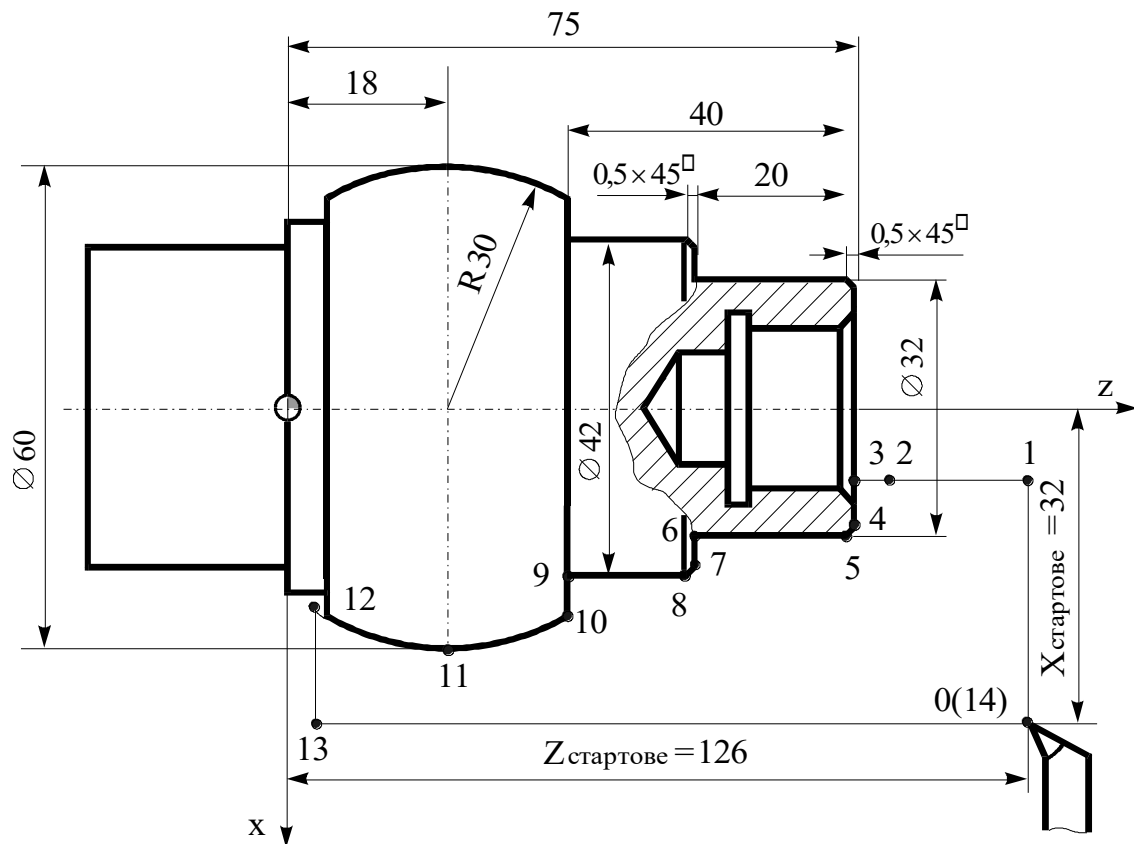


Рисунок 1.4 – Креслення деталі та циклограма руху різця





%  
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 16К20Ф3Р132 на базі верстата моделі 16К20Ф3С32.

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 завадання 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 регістра для підрахунку кількості виконаних команд. Значення операндів «a» та «b» встановлюються під час пусконаладжувальних 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 А, град/с	Вздовж осі В, 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»
S75.a.n	Перейти до кадру з ознакою «n», якщо сигнал «а» здійснено
S76.a.n	Очікувати сигнал «а» 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 «а» протягом часу, який установлений в уставці 46. Якщо сигнал за цей час не зніметься, перейти до кадру з ознакою «n»

Продовження таблиці 1.28

Функція	Значення
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, установленного 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»

Закінчення таблиці 1.28

Функція	Значення
S18.X1.X2	Порівняти вміст реєстрів «X1» та «X2». Формуються ознаки «БІЛЬШЕ» або «ДОРІВНЮЄ»
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 $-90^{\circ}$
8	Позиція $0^{\circ}$
9	Позиція $+90^{\circ}$
10	Позиція $+180^{\circ}$

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	Обдуть 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 M10P.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 реєстр «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 S00	Встановити подачу №8 Встановити ПР у початкову точку  Відкривати загородження протягом 10 секунд Кінець кадру
N03 G98 S77.2.9 S76.8.9 S86.1.9 S00	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

Продовження таблиці 1.31

Кадр, зміст кадру	Пояснення
N04 F8 X=-450 A=2595 B=9000 S00	Встановити подачу №8 Вийти на лінію осі обертання шпинделя верстата  Кінець кадру
N05 F8 X=450 A=2595 B=9000 S00	Встановити подачу №8 Підійти до деталі  Кінець кадру
N06 G98 S71.1 S70.2 S97.2 S00	Відсутність переміщень Зняти сигнал «Розтиснути перший хват» Затиснути перший хват (затиснути деталь хватом) Присвоїти кадру N06 ознаку «2» Кінець кадру
N07 G98 S60.10 S00	Відсутність переміщень Витримати 1 секунду Кінець кадру
N08 G98 S76.2.2  S00	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
N09 G98 S82.3.3  S60.10 S00	Відсутність переміщень Відводити кулачки патрона від центра протягом 3 секунд (розтиснути деталь в патроні) Витримати 1 секунду Кінець кадру



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  S00	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 Кінець кадру
N14 F8 X=-450 A=9000 B=18000 S00	Встановити подачу №8 Перемістити хват ліворуч  Кінець кадру

Продовження таблиці 1.31

Кадр, зміст кадру	Пояснення
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
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

Продовження таблиці 1.31

Кадр, зміст кадру	Пояснення
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 (розтискати 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
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

Закінчення таблиці 1.31

Кадр, зміст кадру	Пояснення
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 «ДОРІВНЮЄ», 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

16K20Ф3PM232 на базі верстата моделі 16K20Ф3С32. 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 М20П.40.01 використовуються G та M-функції, найбільш поширені з яких наведені у табл. 1.32.

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 1.32 – G та M-функції для ПР М20П.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 сек
G91	Присвоєння точки точці	G91P1.P2	$1 \leq P1,$ $P2 \leq 500$
M00	Програмний стоп	M00	-
M01	Аварійний програмний стоп	M01	-

Закінчення таблиці 1.32

Команди	Значення	Формат	Значення операндів
M02	Стоп з поверненням у початок програми	M02	-
M66	Закриття хвату 1 з перевіркою повного закриття	M66L	$1 \leq L \leq 99$
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. 1.33
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	$1 \leq L \leq 99$

Таблиця 1.33 – Значення операнда «X»

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 16K20Ф3С32, 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»

Продовження таблиці 1.34

Кадр, зміст кадру	Пояснення
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)
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



Продовження таблиці 1.34

Кадр, зміст кадру	Пояснення
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)
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)

### Закінчення таблиці 1.34

Кадр, зміст кадру	Пояснення
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

### 1.8. Контрольні запитання

1. За якими ознаками класифікуються системи ЧПУ?
2. На які типи поділяються системи ЧПУ за ступенем досконалості та функціональними можливостями?
3. На які типи поділяються системи ЧПУ за кількістю потоків інформації?
4. На які типи поділяються системи ЧПУ в залежності від виду руху виконавчих механізмів верстата?
5. Дайте визначення управляючої програми та її складових.
6. Перелічіть методи підготовки управляючих програм.
7. Які програмоносії використовуються для зберігання управляючих програм?
8. Перелічіть символи програмування та їх значення.
9. Перелічіть значення підготовчих функцій.
10. Перелічіть значення допоміжних функцій.
11. Перелічіть значення постійних циклів групи G80.
12. За допомогою яких адрес кодуються переміщення, подачі, частота обертів шпинделя, та номер встановленого інструменту на верстаті моделі 16K20T1 з системою ЧПУ «Електроніка НЦ-31»?
13. Які адреси та спеціальні знаки використовуються при програмуванні УП на верстаті моделі 16K20T1 з системою ЧПУ «Електроніка НЦ-31»?

14. Які допоміжні та технологічні функції використовуються при програмуванні УП на верстаті моделі 16K20T1 з системою ЧПУ «Електроніка НЦ-31»?
15. Перелічить формат та значення G-циклів які використовуються при програмуванні УП на верстаті моделі 16K20T1 з системою ЧПУ «Електроніка НЦ-31».
16. За допомогою яких адрес кодуються переміщення, подачі, частота обертів шпинделя, та номер встановленого інструменту на верстаті моделі 16K20Ф3С32 з системою ЧПУ «2Р22»?
17. Які символи, адреси, технологічні команди та підготовчі функції використовуються при програмуванні УП на верстаті моделі 16K20Ф3С32 з системою ЧПУ «2Р22»?
18. Наведіть значення та параметри постійних циклів які використовуються при програмуванні УП на верстаті моделі 16K20Ф3С32 з системою ЧПУ «2Р22».
19. Перелічить символи які використовуються при програмуванні УП на верстаті моделі ТПК-125ВН2 з ПЧПУ «Н22-1МТ1».
20. Перелічить значення підготовчих та допоміжних функцій які використовуються при програмуванні УП на верстаті моделі ТПК-125ВН2 з ПЧПУ «Н22-1МТ1».
21. За допомогою яких адрес кодуються переміщення, корекція положення інструменту, подачі, частота обертів шпинделя, та номер встановленого інструменту на верстаті моделі ТПК-125ВН2 з ПЧПУ «Н22-1МТ1»?
22. За допомогою яких функцій здійснюється програмування переміщень промислового робота М10П.62.01?
23. За допомогою яких функцій здійснюється програмування переміщень промислового робота М20П.40.01 (РБ241Б) ?

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

### 2.1. 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. 2.1.

Таблиця 2.1 – 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
Найбільша довжина виробу, що встановлюється, мм	1000
Найбільша довжина обробки, мм	900

Продовження таблиці 2.1

Найменування параметрів	Значення параметрів
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 нарізуються, мм	0,01 - 40,959
Кількість позицій автоматичного поворотного різцетримача	6
Найбільший крутний момент на шпинделі, кГм	100

## Закінчення таблиці 2.1

Найменування параметрів	Значення параметрів
Габаритні розміри верстата, мм:	
довжина	3175
ширина	1700
висота	1700
Маса верстата, кг	4100
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	11
Сумарна потужність усіх електродвигунів, кВт	14,72
Сумарна потужність, що споживається, кВт	24

## 2.2. 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 пластинах тактового стола. У циклі роботи РТК заготовки автоматично по чергові 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. 2.2 подані основні технічні дані та характеристики РТК 16К20Ф3Р232 з промисловим роботом М20П.40.01 напільного типу та РТК 16К20Ф3Р132 з промисловим роботом М10П.62.01 вбудованого типу.

Таблиця 2.2 – 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	безступеневе	безступеневе

Продовження таблиці 2.2

Найменування параметрів	Значення параметрів РТК мод.	
	16К20Ф3Р232	16К20Ф3Р132
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
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	600	600
ширина	700	700
висота	1600	1600
Маса ПЧПУ верстата, кг	150	150
Маса робота, кг	594	150



## Закінчення таблиці 2.2

Найменування параметрів	Значення параметрів РТК мод.	
	16К20Ф3Р232	16К20Ф3Р132
Габарити ПЧПУ робота, мм:		
довжина	500	500
ширина	600	600
висота	1450	1450
Маса ПЧПУ робота, кг	200	200
Габарити тактового стола, мм:		
довжина	3260	3260
ширина	700	700
висота	1450	380
Маса тактового стола, кг	220	220
Сумарна потужність РТК, кВт	26,7	26
Габарити РТК з урахуванням зони обслуговування (орієнтовно), мм		
довжина	4100	4100
ширина	5770	3800
висота	2359	1897
Робоча площа РТК (орієнтовно), м <sup>2</sup>	23,7	15,5

### 2.3. 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, високоточних 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 пат-

рон, 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 H22-1MT1.

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. 2.3.

Таблиця 2.3 – 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

Продовження таблиці 2.3

Найменування параметрів	Значення параметрів
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 3АТ6 ГОСТ 25557-82
Частота обертання шпинделя, об/хв	30 - 2000
Найбільше переміщення супорта, мм: поперечного поздовжнього	110 180
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

### Закінчення таблиці 2.3

Найменування параметрів	Значення параметрів
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

### 2.4. Контрольні запитання

1. Для яких видів обробки призначений верстат моделі 16K20T1?
2. Перелічіть основні технічні характеристики верстата моделі 16K20T1.
3. Для виконання яких робіт призначені роботизовані токарні комплекси моделей 16K20ФЗР232, 16K20ФЗР132, 16K20РФЗР232, 16K20РФЗР132? Перелічіть їх основні технічні характеристики.
4. Для яких видів обробки призначений верстат моделі ТПК-125ВН2?
5. Перелічіть основні технічні характеристики верстата моделі ТПК-125ВН2.



### 3. ПОРЯДОК РОЗРОБКИ УПРАВЛЯЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 16К20Т1

#### 3.1. Розрахунок точок контуру деталі

Під час механічної обробки необхідно отримати деталь, зображену на рис. 3.1. З креслення деталі вилучено поверхні, які обробляються на фрезерних, свердлильних, зубо- та шліцеобробних верстатах. Деталь обробляється на токарному верстаті з ЧПУ мод. 16К20Т1 після її обробки на фрезерно-центрувальному верстаті. Матеріал деталі – конструкційна сталь 40Х,  $\sigma_{\text{ч}} = 980$  МПа. Базування деталі відбувається за допомогою патрона повідкового типу 7162-4004 та заднього центра типу 7032-0035.

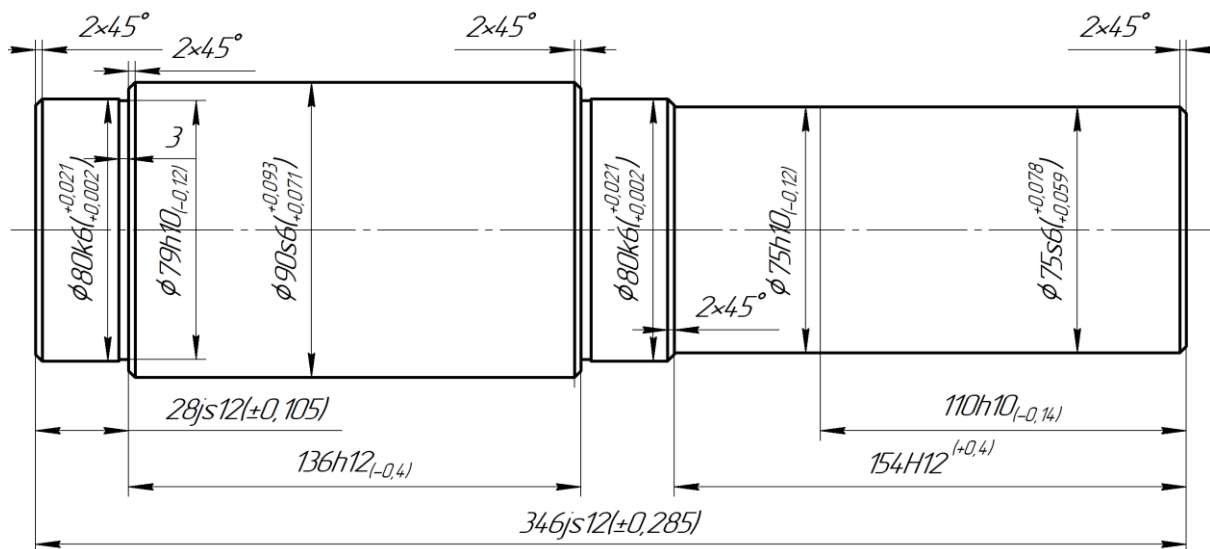


Рисунок 3.1 – Креслення деталі

Деталь обробляється за два установка. Оскільки як базові 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 провести розмірний аналіз з метою раціонального прославлення розмірів. Номери точок контуру деталі зображені на рис. 3.2 та рис. 3.3, а результати розрахунку наведені у табл. 3.1. Схеми розрахунку розмірних ланцюгів зображені на рис. 3.4.

Граничні відхилення  $es$  та  $ei$  визначаються залежно від номінального розміру  $d$  або  $l$  та поля допуску за ГОСТ 25347-82. Середні розміри  $d_{\text{сер}}$  та  $l_{\text{сер}}$  розраховуються за такими формулами:

$$d_{\text{сер}} = d + \frac{es+ei}{2000}, \quad (3.1)$$

$$l_{\text{сер}} = l + \frac{es+ei}{2000}. \quad (3.2)$$

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

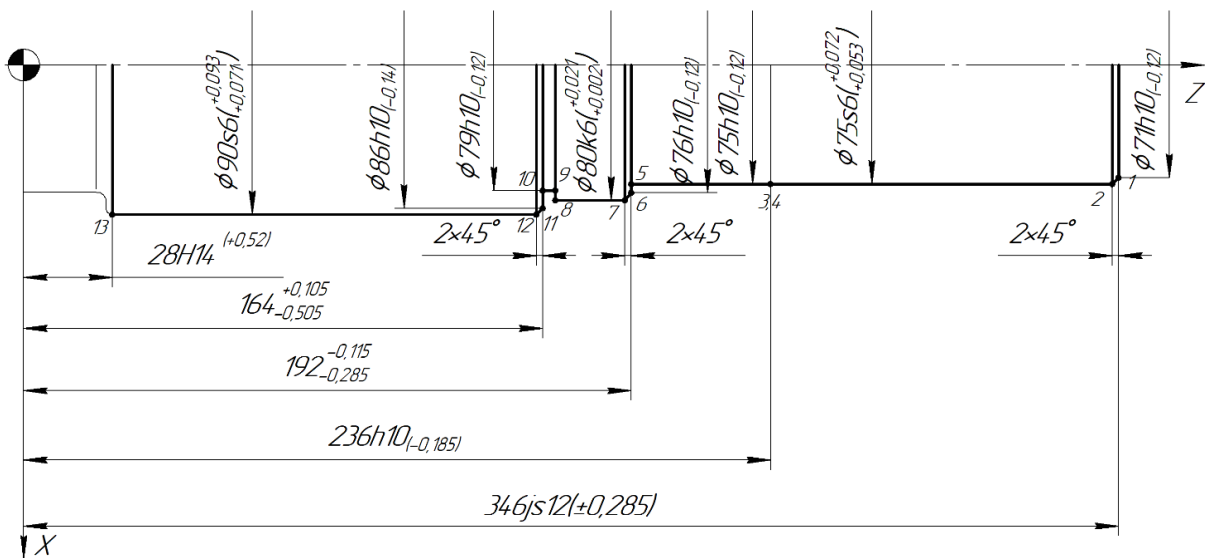


Рисунок 3.2 – Схема для розрахунку точок контуру деталі на першому установі

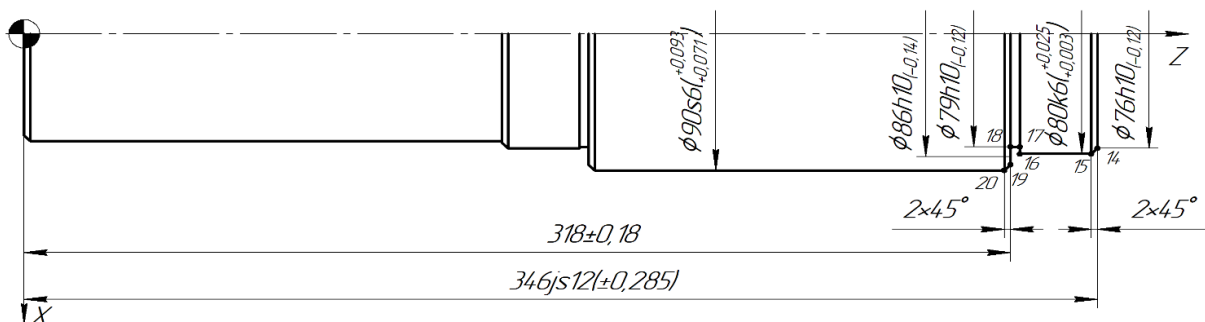


Рисунок 3.3 – Схема для розрахунку точок контуру деталі на другому установі

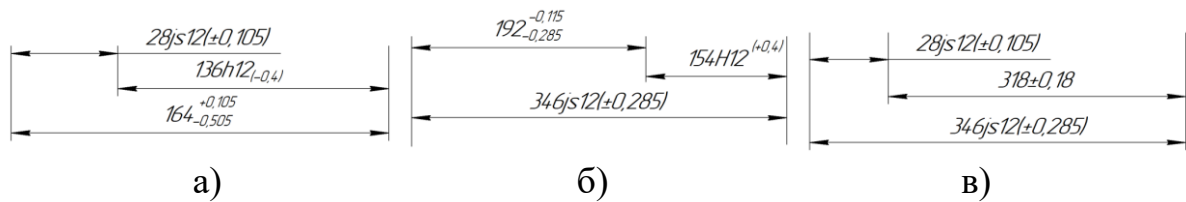


Рисунок 3.4 – Схеми розмірних ланцюгів

$$\begin{aligned}
 \text{а) } 164 &= 28js12 \begin{pmatrix} +0,105 \\ -0,105 \end{pmatrix} + 136h12 \begin{pmatrix} 0 \\ -0,4 \end{pmatrix} \\
 &+ 0,105 - 0 = + 0,105 \\
 &- 0,105 - 0,4 = - 0,505
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{б) } 192 &= 346js12 \begin{pmatrix} +0,285 \\ -0,285 \end{pmatrix} - 154H12 \begin{pmatrix} +0,4 \\ 0 \end{pmatrix} \\
 &+ 0,285 - 0,4 = - 0,115 \\
 &- 0,285 - 0 = - 0,285
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{в) } 318 &= 346js12 \begin{pmatrix} +0,285 \\ -0,285 \end{pmatrix} - 28js12 \begin{pmatrix} +0,105 \\ -0,105 \end{pmatrix} \\
 &+ 0,285 - 0,105 = + 0,18 \\
 &- 0,285 + 0,105 = - 0,18
 \end{aligned}$$

Таблиця 3.1 – Розрахунок точок контуру деталі

Номер точки	$d$ , м	Поле допуску	$es$ , МКМ	$ei$ , МКМ	$d_{\text{сер}}$ , мм	$l$ , мм	Поле допуску	$es$ , МКМ	$ei$ , МКМ	$l_{\text{сер}}$ , мм
1	71	$h10$	0	-120	70,94	346	–	+285	-285	346
2	75	$s6$	+78	+59	75,69	–	–	–	–	–
3	75	$s6$	+78	+59	75,69	236	$h10$	0	-185	235,91
4	75	$h10$	0	-120	74,94	236	$h10$	0	-185	235,91



### Закінчення таблиці 3.1

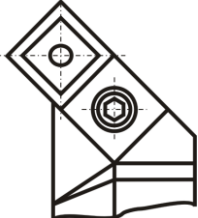
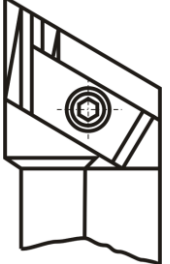
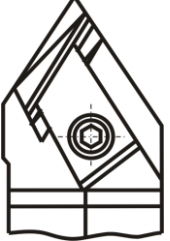
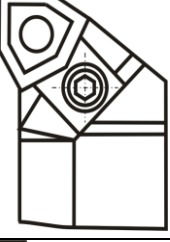
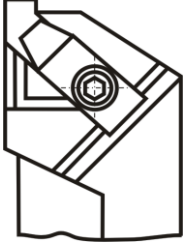
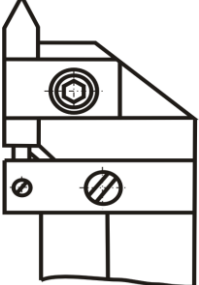
Номер точки	$d$ , м	Поле допуску	$es$ , МКМ	$ei$ , МКМ	$d_{\text{сер}}$ , мм	$l$ , мм	Поле допуску	$es$ , МКМ	$ei$ , МКМ	$l_{\text{сер}}$ , мм
5	75	$h10$	0	-120	74,94	192	–	-115	-285	191,8
6	76	$h10$	0	-120	75,94	192	–	-115	-285	191,8
7	80	$k6$	+21	+2	80,01	–	–	–	–	–
8	80	$k6$	+21	+2	80,01	–	–	–	–	–
9	79	$h10$	0	-120	78,94	–	–	–	–	–
10	79	$h10$	0	-120	78,94	164	–	+105	-505	163,8
11	86	$h10$	0	-140	85,93	164	–	+105	-505	163,8
12	90	$s6$	+93	+71	90,08	–	–	–	–	–
13	90	$s6$	+93	+71	90,08	28	H14	+520	0	28,26
14	76	$h10$	0	-120	75,94	346	$j_{s12}$	+285	-285	346
15	80	$k6$	+21	+2	80,01	–	–	–	–	–
16	80	$k6$	+21	+2	80,01	–	–	–	–	–
17	79	$h10$	0	-120	78,94	–	–	–	–	–
18	79	$h10$	0	-120	78,94	318	–	+180	-180	318
19	86	$h10$	0	-140	85,93	318	–	+180	-180	318
20	90	$s6$	+93	+71	90,08	–	–	–	–	–

### 3.2. Вибір різального інструмента

На верстаті з ЧПУ моделі 16K20T1 використовуються тільки праві різці з механічним кріпленням різальної пластини (табл. 3.2) спеціальної конструкції. 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.

Таблиця 3.2 – Різальний інструмент, що застосовується на верстаті мод. 16K20T1

№ різця	Ескіз різця	Номер креслення
1		K01-4075-000 39-2194-1021
2		K01-4079-000 39-2194-2521
3		K01-4275-000 39-2194-2221
4		K01-4229-000 39-2194-1221
5		K01-4115-000 39-2194-3041
6		K01-4165-000 39-2194-4121

Поверхні деталі, замкнені точками 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 7-8, 10-11, 12-13, 15-16, 18-19 при чорновому точінні обробляються різцем K01-4079-000-39-2194-2521 з пластиною з інструментального матеріалу T5K10+TiN, а при чистовому точінні – K01-4079-000-39-2194-2521 з пластиною з інструментального матеріалу T15K6+TiN. Поверхні 8-9-10-11, 16-17-18-19 формуються при одноразовому точінні різцем K01-4115-000-39-2194-3041 з пластиною з інструментального матеріалу T5K10+TiN. Поверхні 1-2, 6-7, 11-12, 14-15, 19-20 формуються при одноразовому точінні різцем K01-4075-000-39-2194-1021 з пластиною з інструментального матеріалу T5K10+TiN. Ширину різальної пластини різця K01-4115-000-39-2194-3041 встановлюють рівною 3 мм, оскільки цей різець формує поверхні 8-9, 10-11 та 16-17, 18-19, що знаходяться одна від одної на відстані 3 мм.

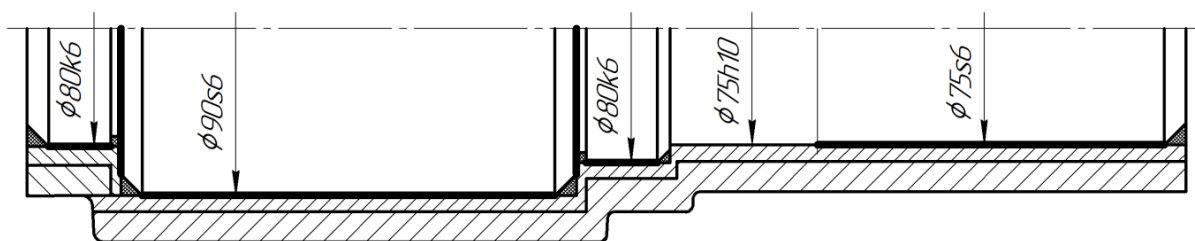


Рисунок 3.5 – Схема знімання припуску

### 3.3. Розрахунок проміжних розмірів та розмірів заготовки, що виготовлена штампуванням

Проміжні мінімальні припуски при обробці торців заготовки розраховують за формулою

$$Z_{i\min} = (R_z + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i, \quad (3.3)$$

а при обробці діаметрів – за формулою

$$2Z_{i\min} = 2[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}], \quad (3.4)$$

де  $R_{z_{i-1}}$  – 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 штирвового, похибка встановлення заготовки  $\epsilon_i$  дорівнює нулю, тобто з розрахунків вилучається.

Значення висоти нерівностей профілю  $R_z$  та глибини дефектного поверхневого шару поковок, що виготовлені штампуванням,  $h$ , зазначені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – 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
Більше 40 до 63	300	350

Маса деталі розраховується за формулою

$$m_{\text{дет}} = \rho \cdot V, \quad (3.5)$$

де  $\rho = 7,8 \text{ кг/дм}^3$  – щільність сталі;  
 $V$  – приблизний об'єм деталі,  $\text{дм}^3$ .

Приблизний об'єм деталі розраховується за формулою

$$V = \sum_{i=1}^n V_i, \quad (3.6)$$

де  $V_i$  – об'єм  $i$ -ї циліндричної частини деталі,  $\text{дм}^3$ ;  
 $n$  – кількість циліндричних частин деталі.

Об'єм  $i$ -ї циліндричної частини деталі розраховується за формулою

$$V_i = \frac{\Pi \cdot d_i^2}{4} \cdot l_i \quad (3.7)$$

де  $d_i$  – діаметр  $i$ -ї циліндричної частини деталі, дм;  
 $l_i$  – довжина  $i$ -ї циліндричної частини деталі, дм.

Оскільки остаточні розміри заготовки ще не визначені приймаємо, що маса поковки

$$m_{\text{пок}} = 1,3 m_{\text{дет}} \quad (3.8)$$

Для визначення у подальшому допусків на виготовлення поковок розраховують масу простої фігури (циліндра) за формулою

$$m_{п.ф.} = \rho \cdot \frac{\pi \cdot d_{\max}^2}{4} \cdot l_{\max}, \quad (3.9)$$

де  $d_{\max}$  – найбільший номінальний діаметр деталі, дм;

$l_{\max}$  – довжина деталі, дм.

та визначають коефіцієнт  $C$

$$C = \frac{m_{дет.}}{m_{п.ф.}}. \quad (3.10)$$

Якщо коефіцієнт  $C = 0,63...1$  тоді приймається ступінь складності поковки –  $C1$ , якщо коефіцієнт  $C = 0,32...0,63$ , тоді приймається ступінь складності поковки –  $C2$ , якщо коефіцієнт  $C = 0,16...0,32$ , тоді приймається ступінь складності поковки –  $C3$ , якщо коефіцієнт  $C$  менший за  $0,16$  тоді приймається ступінь складності поковки –  $C4$ .

Якщо деталь виготовлена з вуглецевої сталі, що містить до  $0,45\%$  вуглецю і до  $2\%$  легованих елементів та приймається група сталі –  $M1$ ; якщо більш за  $0,45\%$  вуглецю, то приймається група сталі –  $M2$ .

Значення висоти нерівностей профілю  $R_z$  та глибини дефектного поверхневого шару  $h$  заготовок після механічної обробки наведені у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Точність та якість поверхні штампованих поковок після механічної обробки валів ступінчастих

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

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

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma_k}^2 + \Delta_{\text{ц}}^2 + \Delta_{\text{шт}}^2}, \quad (3.11)$$

- де  $\Delta_{\Sigma_k}$  – 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. 3.5).

Таблиця 3.5 – Відхилення від співвісності  $\Delta_{\text{шт}}$  (мкм) елементів, що штампуються в різних половинах штампа

Маса поковки, кг	Штапування	
	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
Більше 40 до 63	1700	1300

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

$$\Delta_{\Sigma_k} = \Delta_k(l - l_x), \quad (3.12)$$

де  $\Delta_k$  – кривизна, мкм/мм (табл. 3.6);

$l$  – довжина заготовки, мм;

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

Таблиця 3.6 – Кривизна  $\Delta_k$  (мкм на 1 мм) поковок типу валів

Діаметр поковки $D$ , мм	Після штампування
До 25	4
Більше 25 до 50	3
Більше 50 до 80	2
Більше 80 до 120	1,8
Більше 120 до 180	1,6
Більше 180 до 260	1,4
Більше 260 до 360	1,2
Більше 360 до 500	1,0

Зсув осі заготовки внаслідок похибки центрування розраховують за формулою

$$\Delta_{\text{ц}} = 0,25T, \quad (3.13)$$

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

При розрахунках лінійних розмірів

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma_n}^2 + \Delta_{\text{шт}}^2}, \quad (3.14)$$

де  $\Delta_{\Sigma_n}$  – 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. 3.5).

При розрахунку залишкового відхилення розташування заготовки після механічної обробки використовується коефіцієнт уточнення  $K_y$  (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Значення коефіцієнта уточнення

Технологічний перехід	$K_y$	Технологічний перехід	$K_y$
Після обточування:		Після шліфування:	
чорнового	0,06	чорнового	0,03
чистового	0,04	чистового	0,02

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

$$D_{\min_{i-1}} = D_{\min_i} + 2Z_{\min_i}, \quad (3.15)$$

$$D_{\max_{i-1}} = D_{\min_{i-1}} + TD_{i-1}, \quad (3.16)$$

а мінімальну та максимальну довжину при торцевій обробці за формулами

$$l_{\min_{i-1}} = l_{\min_i} + Z_{\min_i}, \quad (3.17)$$

$$l_{\max_{i-1}} = l_{\min_{i-1}} + TD_{i-1}, \quad (3.18)$$

де  $TD_{i-1}$  – допуск розмірів на попередньому переході; встановлюється залежно від якості та номінального розміру (табл. 3.8), а для поковки підвищеної точності – залежно від маси, розмірів та ступеня складності (табл. 3.9, 3.10, 3.11, 3.12).

Таблиця 3.8 – Допуски, мкм

Розмір, мм	Квалітет								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
До 3	6	10	14	25	40	60	100	140	250
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 3.9 – Допуски на виготовлення поковок підвищеної точності групи сталі М1, ступені складності поковки С1.

Маса поковки, кг	Розміри поковки, мм					
	До 50	50-120	120-180	180-260	260-360	360-500
До 0,25	+0,5 -0,2	+0,5 -0,3	+0,6 -0,3	+0,7 -0,3	+0,7 -0,4	+0,7 -0,5
0,25 – 0,40	+0,5 -0,3	+0,6 -0,3	+0,7 -0,3	+0,7 -0,4	+0,7 -0,5	+0,7 -0,6
0,40 – 0,63	+0,6 -0,3	+0,7 -0,3	+0,7 -0,4	+0,8 -0,4	+0,8 -0,5	+0,9 -0,5
0,63 – 1,00	+0,7 -0,3	+0,7 -0,4	+0,8 -0,4	+0,9 -0,4	+0,9 -0,5	+0,9 -0,6
1,00 – 1,60	+0,8 -0,4	+0,8 -0,4	+0,9 -0,4	+0,9 -0,5	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6
1,60 – 2,50	+0,8 -0,4	+0,9 -0,4	+1,0 -0,4	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,1 -0,7
2,50 – 4,00	+0,9 -0,4	+1,0 -0,4	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,1 -0,7	+1,2 -0,8
4,00 – 6,30	+1,0 -0,4	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,1 -0,7	+1,2 -0,8	+1,3 -0,9
6,30 – 10	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,2 -0,6	+1,3 -0,7	+1,4 -0,8	+1,5 -1,0
10 – 16	+1,0 -0,6	+1,2 -0,6	+1,3 -0,7	+1,4 -0,8	+1,5 -1,0	+1,8 -1,0
16 – 25	+1,2 -0,6	+1,3 -0,7	+1,4 -0,8	+1,5 -1,0	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2
25 – 40	+1,3 -0,7	+1,5 -0,7	+1,7 -0,8	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2
40 – 63	+1,5 -0,7	+1,7 -0,8	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2	+2,5 -1,5
63 – 100	+1,7 -0,8	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2	+2,0 -1,5	+2,5 -1,5

Таблиця 3.10 – Допуски на виготовлення поковок підвищеної точності групи сталі М1, ступені складності поковки С2 та групи сталі М2, ступені складності поковки С1

Маса поковки, кг	Розміри поковки, мм					
	До 50	50-120	120-180	180-260	260-360	360-500
До 0,25	+0,5 -0,3	+0,6 -0,3	+0,7 -0,3	+0,7 -0,4	+0,7 -0,5	+0,7 -0,6
0,25 – 0,40	+0,6 -0,3	+0,7 -0,3	+0,7 -0,4	+0,8 -0,4	+0,8 -0,5	+0,9 -0,5
0,40 – 0,63	+0,7 -0,3	+0,7 -0,4	+0,8 -0,4	+0,9 -0,4	+0,9 -0,5	+0,9 -0,6
0,63 – 1,00	+0,8 -0,4	+0,8 -0,4	+0,9 -0,4	+0,9 -0,5	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6
1,00 – 1,60	+0,8 -0,4	+0,9 -0,4	+1,0 -0,4	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,1 -0,7
1,60 – 2,50	+0,9 -0,4	+1,0 -0,4	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,1 -0,7	+1,2 -0,8
2,50 – 4,00	+1,0 -0,4	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,1 -0,7	+1,2 -0,8	+1,3 -0,9
4,00 – 6,30	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,2 -0,6	+1,3 -0,7	+1,4 -0,8	+1,5 -1,0
6,30 – 10,0	+1,0 -0,6	+1,2 -0,6	+1,3 -0,7	+1,4 -0,8	+1,5 -1,0	+1,8 -1,0
10 – 16	+1,2 -0,6	+1,3 -0,7	+1,4 -0,8	+1,5 -1,0	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2
16 – 25	+1,3 -0,7	+1,5 -0,7	+1,7 -0,8	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2
25 – 40	+1,5 -0,7	+1,7 -0,8	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2	+2,5 -1,5
40 – 63	+1,7 -0,8	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2	+2,0 -1,5	+2,5 -1,5
63 – 100	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2	+2,0 -1,5	+2,5 -2,0	+2,5 -2,0

Таблиця 3.11 – Допуски на виготовлення поковок підвищеної точності групи сталі М1, ступені складності поковки С3 та групи сталі М2, ступені складності поковки С2

Маса поковки, кг	Розміри поковки, мм					
	До 50	50-120	120-180	180-260	260-360	360-500
До 0,25	+0,6 -0,3	+0,7 -0,3	+0,7 -0,4	+0,8 -0,4	+0,8 -0,5	+0,9 -0,5
0,25 – 0,40	+0,7 -0,3	+0,7 -0,4	+0,8 -0,4	+0,9 -0,4	+0,9 -0,5	+0,9 -0,6
0,40 – 0,63	+0,8 -0,4	+0,8 -0,4	+0,9 -0,4	+0,9 -0,5	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6
0,63 – 1,00	+0,8 -0,4	+0,9 -0,4	+1,0 -0,4	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,1 -0,7
1,00 – 1,60	+0,9 -0,4	+1,0 -0,4	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,1 -0,7	+1,2 -0,8
1,60 – 2,50	+1,0 -0,4	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,1 -0,7	+1,2 -0,8	+1,3 -0,9
2,50 – 4,00	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,2 -0,6	+1,3 -0,7	+1,4 -0,8	+1,5 -1,0
4,00 – 6,30	+1,0 -0,6	+1,2 -0,6	+1,3 -0,7	+1,4 -0,8	+1,5 -1,0	+1,8 -1,0
6,30 – 10,0	+1,2 -0,6	+1,3 -0,7	+1,4 -0,8	+1,5 -1,0	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2
10 – 16	+1,3 -0,7	+1,5 -0,7	+1,7 -0,8	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2
16 – 25	+1,5 -0,7	+1,7 -0,8	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2	+2,5 -1,5
25 – 40	+1,7 -0,8	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2	+2,0 -1,5	+2,5 -1,5
40 – 63	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2	+2,0 -1,5	+2,5 -2,0	+2,5 -2,0
63 – 100	+2,5 -1,4	+2,8 -1,4	+3,2 -1,6	+3,6 -1,8	+3,6 -2,5	+3,6 -2,5

Таблиця 3.12 – Допуски на виготовлення поковок підвищеної точності групи сталі М1, ступені складності поковки С4 та групи сталі М2, ступені складності поковки С3

Маса поковки, кг	Розміри поковки, мм					
	До 50	50-120	120-180	180-260	260-360	360-500
До 0,25	+0,7 -0,3	+0,7 -0,4	+0,8 -0,4	+0,9 -0,4	+0,9 -0,5	+0,9 -0,6
0,25 – 0,40	+0,8 -0,4	+0,8 -0,4	+0,9 -0,4	+0,9 -0,5	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6
0,40 – 0,63	+0,8 -0,4	+0,9 -0,4	+1,0 -0,4	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,1 -0,7
0,63 – 1,00	+0,9 -0,4	+1,0 -0,4	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,1 -0,7	+1,2 -0,8
1,00 – 1,60	+1,0 -0,4	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,1 -0,7	+1,2 -0,8	+1,3 -0,9
1,60 – 2,50	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,2 -0,6	+1,3 -0,7	+1,4 -0,8	+1,5 -1,0
2,50 – 4,00	+1,0 -0,6	+1,2 -0,6	+1,3 -0,7	+1,4 -0,8	+1,5 -1,0	+1,8 -1,0
4,00 – 6,30	+1,2 -0,6	+1,3 -0,7	+1,4 -0,8	+1,5 -1,0	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2
6,30 – 10,0	+1,3 -0,7	+1,5 -0,7	+1,7 -0,8	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2
10 – 16	+1,5 -0,7	+1,7 -0,8	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2	+2,5 -1,5
16 – 25	+1,7 -0,8	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2	+2,0 -1,5	+2,5 -1,5
25 – 40	+1,8 -1,0	+1,8 -1,2	+2,0 -1,2	+2,0 -1,5	+2,5 -2,0	+2,5 -2,0
40 – 63	+2,5 -1,4	+2,8 -1,4	+3,2 -1,6	+3,6 -1,8	+3,6 -2,5	+3,6 -2,5
63 – 100	+2,8 -1,4	+3,2 -1,6	+3,6 -1,8	+3,8 -2,0	+4,0 -2,2	+4,2 -2,5

Результати розрахунків зводять до табл. 3.13 та до табл. 3.14.

Таблиця 3.13 – Карта розрахунку проміжних розмірів діаметрів

Технологічний маршрут обробки	Елементи припуску, мкм				$ZZ_{\min}$ , 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
$\varnothing 75k6^{(+0.078/+0.059)}$										
Поковка	20 0	25 0	122 8	–	–	+1,3 –0,7	200 0	81,09 4	79,094 3	80 <sup>+1,3</sup> –0,7
Чорнове точіння	50	50	74	0	335 6	12	300	76,03 8	75,738	75,8 9
Чистове точіння	25	25	49	0	347	11	190	75,58 1	75,391	75,4 9
Чорнове шліфування	10	20	37	0	198	8	46	75,23 9	75,193	75,2 2
Чистове шліфування	–	–	–	0	134	6	19	75,07 8	75,059	75,0 7
$\varnothing 75h10^{(-0.12)}$										
Поковка	20 0	25 0	124 7	–	–	+1,3 –0,7	200 0	80,62 4	78,624	79 <sup>+1,3</sup> –0,7
Чорнове точіння	50	50	75	0	339 4	12	300	75,53 0	75,230	75,3 8
Чистове точіння	–	–	–	0	350	10	120	75,00 0	74,880	74,9 4
$\varnothing 80k6^{(+0.021/+0.002)}$										
Поковка	20 0	25 0	126 2	–	–	+1,3 –0,7	200 0	86,11 4	84,114	85 <sup>+1,3</sup> –0,7
Чорнове точіння	50	50	76	0	342 4	12	300	80,99 0	80,690	80,8 4
Чистове точіння	25	25	50	0	351	11	190	80,52 9	80,339	80,4 3
Чорнове шліфування	10	20	38	0	201	8	46	80,18 4	80,138	80,1 6

Чистове шліфування	–	–	–	0	136	6	19	80,02 1	80,002	80,0 1
$\varnothing 90s6^{(+0.093)}$ $+0.071$										
Поковка	20 0	25 0	133 7	–	–	$+1,3$ $-0,7$	200 0	96,35 3	94,353	$95^{+1,3}$ $-0,7$
Чорнове точіння	50	50	80	0	357 4	12	350	91,12 9	90,779	90,9 5

Закінчення таблиці 3.13

Технологічний маршрут обробки	Елементи припуску, мкм				$Z_{\min}$ , 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
Чистове точіння	25	25	53	0	360	11	220	90,63 8	90,41 8	90,5 3
Чорнове шліфування	10	20	40	0	207	8	54	90,26 5	90,21 1	90,2 4
Чистове шліфування	–	–	–	0	140	6	22	90,09 3	90,07 1	90,0 8
$\varnothing 80k6^{(+0.021)}_{(+0.002)}$										
Поковка	20 0	25 0	120 9	–	–	$+1,3$ $-0,7$	200 0	85,99 4	83,99 4	$85^{+1,3}$ $-0,7$
Чорнове точіння	50	50	73	0	331 8	12	300	80,97 6	80,67 6	80,8 3
Чистове точіння	25	25	48	0	345	11	190	80,52 1	80,33 1	80,4 3
Чорнове шліфування	10	20	36	0	197	8	46	80,18 1	80,13 5	80,1 6
Чистове шліфування	–	–	–	0	133	6	19	80,02 1	80,00 2	80,0 1

Таблиця 3.14 – Карта розрахунку проміжних розмірів довжин

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
$192^{+0.115}_{-0,285}$										
Поковка	20 0	25 0	110 0	–	–	$+1,5$ $-1$	250 0	195,93 1	193,43 1	$194,5^{+1,5}$ $-1$



Чорнова підрізка	50	50	66	0	155 0	12	460	192,34 1	191,88 1	192,11
Чистова підрізка	–	–	–	0	166	11- 12	400	192,11 5	171,71 5	191,92

Закінчення таблиці 3.14

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
164 <sup>+0,105</sup> <sub>-0,505</sub>										
Поковка	20 0	25 0	110 0	–	–	+1,4 –0,8	220 0	167,58	165,38	166 <sup>+1,4</sup> <sub>-0,8</sub>
Чорнова підрізка	50	50	66	0	155 0	13	630	164,46 0	163,83	164,15
Чистова підрізка	32	30	44	0	166	13	630	164,29 4	163,66 4	163,98
Чорнове шліфування	10	20	33	0	106	13	630	164,18 8	163,55 8	163,87
Чистове шліфування	–	–	–	0	63	12- 13	610	164,10 5	163,49 5	163,8
28H14 <sup>+0,52</sup>										
Поковка	20 0	25 0	110 0	–	–	+1,2 –0,6	180 0	24,65	26,45	23
Чорнова підрізка	–	–	–	0	155 0	14	520	28,52	28	–
318 <sup>+0,18</sup> <sub>-0,18</sub>										
Поковка	20 0	25 0	110 0	–	–	+1,8 –1	280 0	322,50 5	319,70 5	320,5 <sup>+1,8</sup> <sub>-1</sub>
Чорнова підрізка	50	50	660	0	155 0	12	570	318,72 5	318,15 5	318,44
Чистова підрізка	32	30	44	0	166	11	360	318,34 9	317,98 9	318,17
Чорнове шліфування	10	20	33	0	106	11	360	318,24 3	317,88 3	318,06
Чистове шліфування	–	–	–	0	63	11	360	318,18	317,82	318

### 3.4. Розрахунок режимів різання

Режими різання розраховують для кожного з переходів. Подачу при чорновому зовнішньому точінні різцями з пластинами з твердого сплаву вибирають з табл. 3.15, а при чистовому точінні – з табл. 3.16.

Таблиця 3.15 – Подача 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

Таблиця 3.16 – Подача 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

Поправковий коефіцієнт на подачу при чистовому точінні залежно від міцності оброблюваного матеріалу вибирають з табл. 3.17

Таблиця 3.17 – Поправковий коефіцієнт на чистову подачу

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

При обробці пазів, канавок та фасок подачу вибирають з табл. 3.18.

Таблиця 3.18 – 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

$$V = \frac{420}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}} k_v, \quad (3.19)$$

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

$$V = \frac{350}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} k_v, \quad (3.20)$$

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

$$V = \frac{340}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}} k_v. \quad (3.21)$$

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

$$V = \frac{47}{T^{0,18} \cdot S^{0,8}} k_v. \quad (3.22)$$

Поправковий коефіцієнт  $k_v$  на швидкість різання встановлюють за табл. 3.19.

Таблиця 3.19 – Значення поправкового коефіцієнта на швидкість різання ( $k_v = k_{Mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{iv} \cdot k_{\varphi v}$ )

$k_{Mv} = \frac{750}{\sigma_{\text{ч}}}$	Обробка конструкційних сталей твёрдосплавними різцями	
$k_{nv}$	1,0	Поверхня заготовки без коринки (чистове точіння, точіння фасок та канавок)
	0,9	Прокат з коринкою
	0,8	Поковка з коринкою (чорнове точіння)
$k_{iv}$	0,35	T5K12B+ TiN
	0,65	T5K10+ TiN (чорнове точіння, точіння фасок та канавок)
	0,8	T14K8+ TiN
	1,0	T15K6+ TiN (чистове точіння)
$k_{\varphi v}$	0,87	Різець № 1 (точіння фасок)
	0,64	Різець № 2 (чорнове та чистове точіння)
	0,72	Різець № 3 (фасонне точіння)
	0,7	Різець № 4 (чорнове та чистове точіння)
	1	Різець № 5 (точіння канавок)

Результати розрахунків зводять до табл. 3.20.

Таблиця 3.20 – Карта режимів різання

Перехід	$D_1$ , мм	$D_2$ , мм	t, мм	S, мм/об	$k_v$	V, м/хв	$n_p$ , об/хв	$n_{\text{вер}}$ , об/хв	$V_d$ , м/хв
$\varnothing 75k6^{(+0.078)}_{(+0.059)}$									
Чорнове точіння	81,3	75,89	2,7	0,8	0,4	57	223	250	64
Чистове точіння	75,89	75,49	0,2	0,17	0,78	262	1099	1000	238
Точіння фаски	75,49	–	2	0,07	0,7	132	557	500	119

Закінчення таблиці 3.20

Перехід	$D_1$ , мм	$D_2$ , мм	t, мм	S, мм/об	$k_V$	V, м/хв	$n_p$ , об/хв	$n_{вер}$ , об/хв	$V_d$ , м/хв
$\varnothing 75h10(-0.12)$									
Чорнове точіння	80,3	75,38	2,46	0,8	0,4	58	230	250	63
Чистове точіння	75,38	74,94	0,22	0,17	0,78	258	1089	1000	237
$\varnothing 80k6(+0.021/+0.002)$									
Чорнове точіння	86,3	80,84	2,73	0,8	0,4	57	210	180	49
Чистове точіння	80,84	80,43	0,21	0,17	0,78	260	1024	1000	254
Точіння фаски	80,43	–	2	0,07	0,7	132	522	500	126
Точіння канавки	80,43	–	3	0,07	0,8	151	598	500	126
$\varnothing 90s6(+0.093/+0.071)$									
Чорнове точіння	96,3	90,95	2,68	0,8	0,4	57	188	180	54
Чистове точіння	90,95	90,53	0,21	0,17	0,78	260	910	1000	286
Точіння фаски	90,53	–	2	0,07	0,7	132	464	500	142
$\varnothing 80k6(+0.021/+0.002)$									
Чорнове точіння	86,3	80,83	2,72	0,8	0,4	57	210	180	49
Чистове точіння	80,83	80,43	0,2	0,17	0,78	262	1032	1000	254
Точіння фаски	80,43	–	2	0,07	0,7	132	522	500	126
Точіння канавки	80,43	–	3	0,07	0,8	151	598	500	126

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

Основний час розраховують за формулою

$$t_o = \frac{L}{n \cdot S}, \quad (3.23)$$

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, які виконуються на швидкій подачі, розраховують за формулою

$$t_{м.д} = \frac{L}{S_{хв}}, \quad (3.24)$$

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

$S_{хв}$  – 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. 3.21.

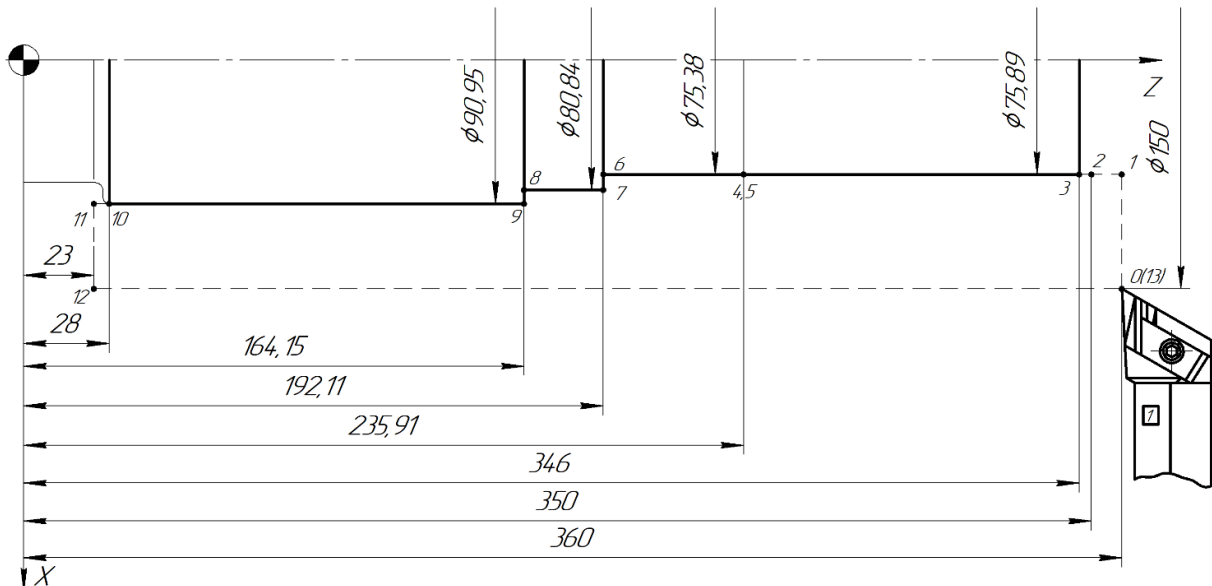


Рисунок 3.6 – Траєкторія переміщення різця при чорновій обробці на першому установі

Таблиця 3.21 – Розрахунок основного та машинно-допоміжного часу при чорновій обробці на установі 1

№ ТОЧОК	$D_1$ , ММ	$D_2$ , ММ	$l_1$ , ММ	$l_2$ , ММ	$L$ , ММ	$S$ , ММ/об (ММ/ХВ)	$n$ , об/ХВ	$t_o$ , ХВ	$t_{м.д.}$ , ХВ
0-1	150	75,89	360	360	37,055	3000	–	–	0,012
1-2	75,89	75,89	360	350	10	3000	–	–	0,003
2-3	75,89	75,89	350	346	4	0,8	250	0,020	–
3-4	75,89	75,89	346	235,91	110,09	0,8	250	0,551	–
4-5	75,89	75,38	235,91	235,91	0,255	0,8	250	0,001	–
5-6	75,38	75,38	235,91	192,11	43,8	0,8	250	0,219	–
6-7	75,38	80,84	192,11	192,11	2,73	0,8	250	0,014	–
7-8	80,84	80,84	192,11	164,15	27,96	0,8	180	0,194	–
8-9	80,84	90,95	164,15	164,15	5,055	0,8	180	0,035	–
9-10	90,95	90,95	164,15	28	136,15	0,8	180	0,946	–
10-11	90,95	90,95	28	23	5	0,8	180	0,035	–
11-12	90,95	150	23	23	29,525	3000	–	–	0,010
12-13	150	150	23	360	337	3000	–	–	0,112

Траекторія переміщення різального інструмента при чистовій обробці на установі 1 зображена на рис. 3.7, а розрахунок основного та машинно-допоміжного часу зведений до табл. 3.22.

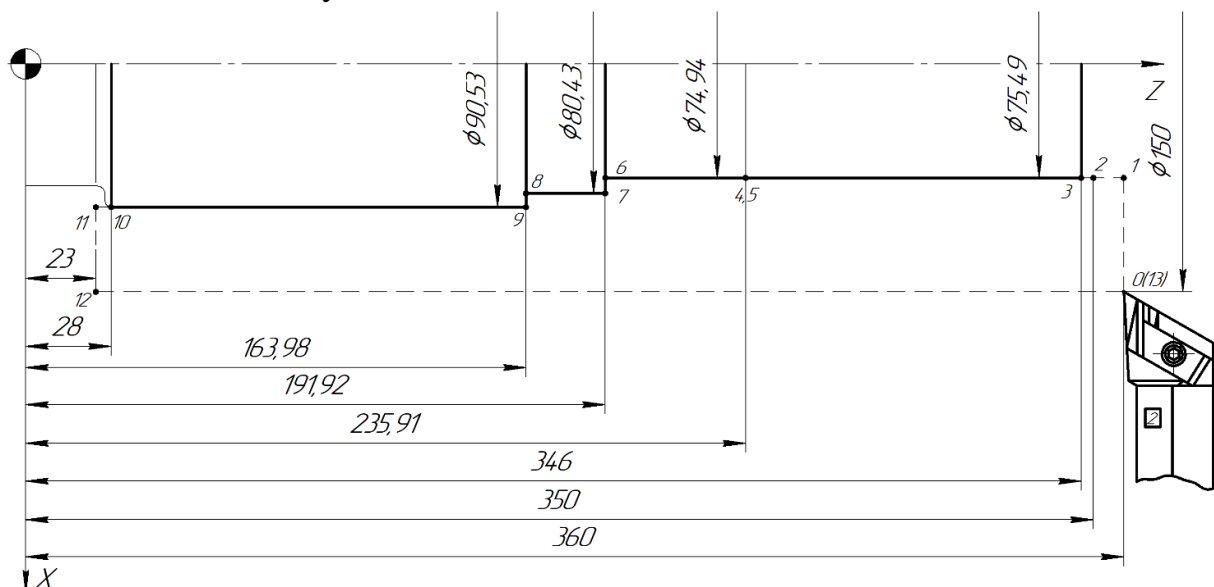


Рисунок 3.7 – Траекторія переміщення різця при чистовій обробці на першому установі



Таблиця 3.22 – Розрахунок основного та машинно-допоміжного часу при чистовій обробці на установі 1

№ ТОЧОК	$D_1$ , ММ	$D_2$ , ММ	$l_1$ , ММ	$l_2$ , ММ	$L$ , ММ	$S$ , ММ/ОБ (ММ/ХВ)	$n$ , ОБ/ХВ	$t_o$ , ХВ	$t_{м.д.}$ , ХВ
0-1	150	75,49	360	360	37,255	3000	–	–	0,012
1-2	75,49	75,49	360	350	10	3000	–	–	0,003
2-3	75,49	75,49	350	346	4	0,17	1000	0,024	–
3-4	75,49	75,49	346	235,91	110,09	0,17	1000	0,648	–
4-5	75,49	74,94	235,91	235,91	0,275	0,17	1000	0,002	–
5-6	74,94	74,94	235,91	191,92	43,99	0,17	1000	0,259	–
6-7	74,94	80,43	191,92	191,92	2,745	0,17	1000	0,016	–
7-8	80,43	80,43	191,92	163,98	27,94	0,17	1000	0,164	–
8-9	80,43	90,53	163,98	163,98	5,05	0,17	1000	0,030	–
9-10	90,53	90,53	163,98	28	135,98	0,17	1000	0,800	–
10-11	90,53	90,53	28	23	5	0,17	1000	0,029	–
11-12	90,53	150	23	23	29,735	3000	–	–	0,010
12-13	150	150	23	360	337	3000	–	–	0,112

Траекторія переміщення різального інструмента при прорізанні канавки на установі 1 зображена на рис. 3.8, а розрахунок основного та машинно-допоміжного часу зведений до табл. 3.23.

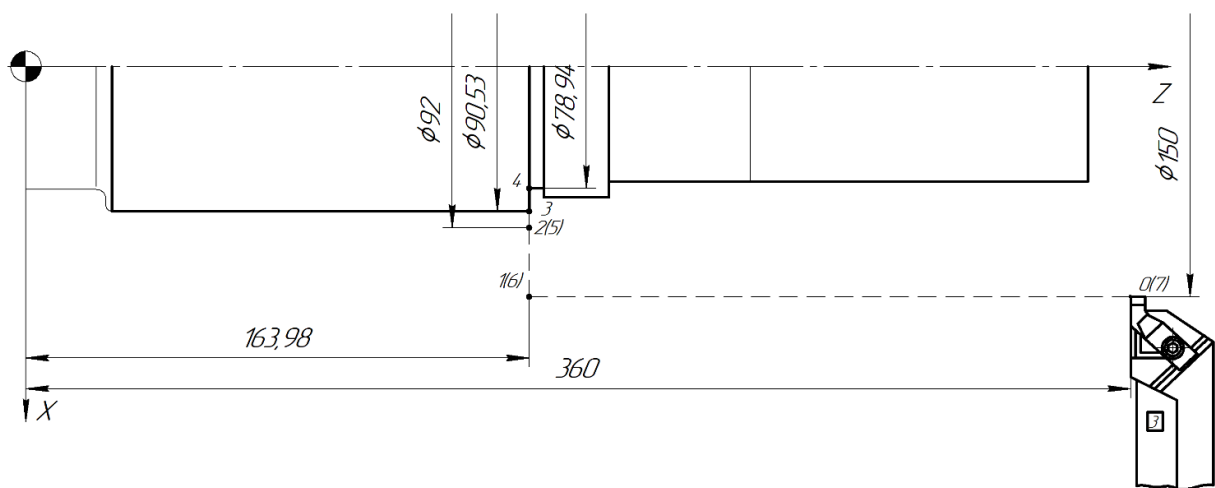


Рисунок 3.8 – Траекторія переміщення різця при прорізанні канавки на першому установі

Таблиця 3.23 – Розрахунок основного та машинно-допоміжного часу при прорізанні канавки на установі 1

№ ТОЧОК	$D_1$ , ММ	$D_2$ , ММ	$l_1$ , ММ	$l_2$ , ММ	$L$ , ММ	$S$ , ММ/ОБ (ММ/ХВ)	$n$ , ОБ/ХВ	$t_o$ , ХВ	$t_{м.д.}$ , ХВ
0-1	150	150	360	163,98	196,02	3000	–	–	0,065
1-2	150	92	163,98	163,98	29	3000	–	–	0,010
2-3	92	90,53	163,98	163,98	0,735	0,07	500	0,021	–
3-4	90,53	78,94	163,98	163,98	5,795	0,07	500	0,166	–
4-5	78,94	92	163,98	163,98	6,53	0,07	500	0,187	–
5-6	92	150	163,98	163,98	29	3000	–	–	0,010
6-7	150	150	163,98	360	196,02	3000	–	–	0,065

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. 3.24.

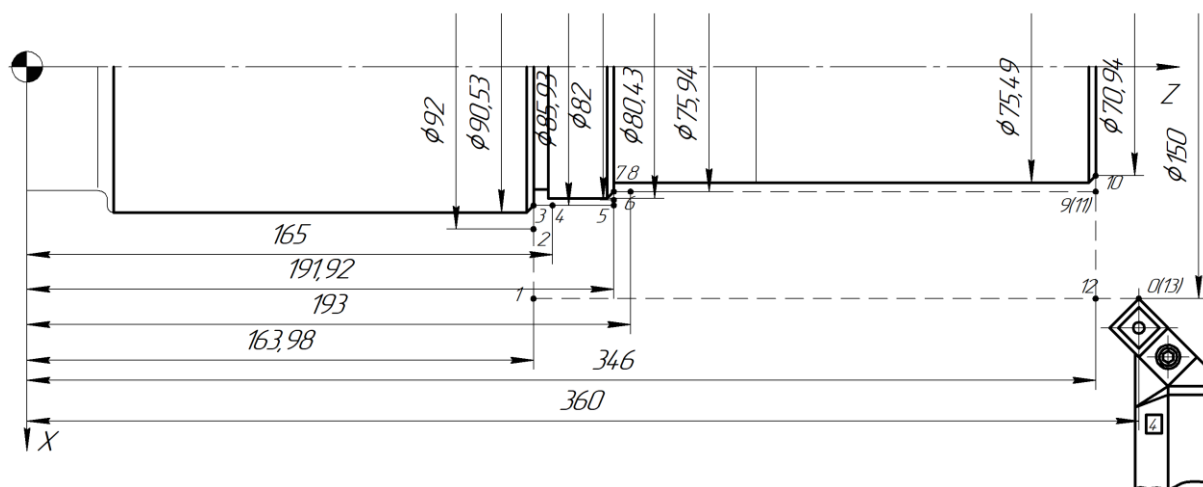


Рисунок 3.9 – Траєкторія переміщення різця при обробці фасок на першому установі

Траєкторія переміщення різального інструмента при чорновій обробці на установі 2 зображена на рис. 3.10, а розрахунок основного та машинно-допоміжного часу зведений до табл. 3.25.

Траєкторія переміщення різального інструмента при чистовій обробці на установі 2 зображена на рис. 3.11, а розрахунок основного та машинно-допоміжного часу зведений до табл. 3.26.

Таблиця 3.24 – Розрахунок основного та машинно-допоміжного часу при обробці фасок на установі 1

№ ТОЧОК	$D_1$ , ММ	$D_2$ , ММ	$l_1$ , ММ	$l_2$ , ММ	$L$ , ММ	$S$ , ММ/ОБ (ММ/ХВ)	$n$ , ОБ/ХВ	$t_o$ , ХВ	$t_{м.д.}$ , ХВ
1-2	150	92	163,98	163,98	29	3000	-	-	0,010
2-3	92	85,93	163,98	163,98	3,035	0,07	500	0,087	-
3-4	85,93	85,93	163,98	165	1,02	0,07	500	0,029	-
4-5	85,93	85,93	165	191,92	26,92	3000	-	-	0,009
5-6	85,93	82	191,92	191,92	1,965	3000	-	-	0,001
6-7	82	75,94	191,92	191,92	3,03	0,07	500	0,087	-
7-8	75,94	75,94	191,92	193	1,08	0,07	500	0,031	-
8-9	75,94	75,94	193	346	153	3000	-	-	0,051
9-10	75,94	70,94	346	346	2,5	0,07	500	0,071	-
10-11	70,94	75,94	346	346	2,5	0,07	500	0,071	-
11-12	75,94	150	346	346	37,03	3000	-	-	0,012
12-13	150	150	346	360	14	3000	-	-	0,005
12-13	150	150	346	360	14	3000	-	-	0,005

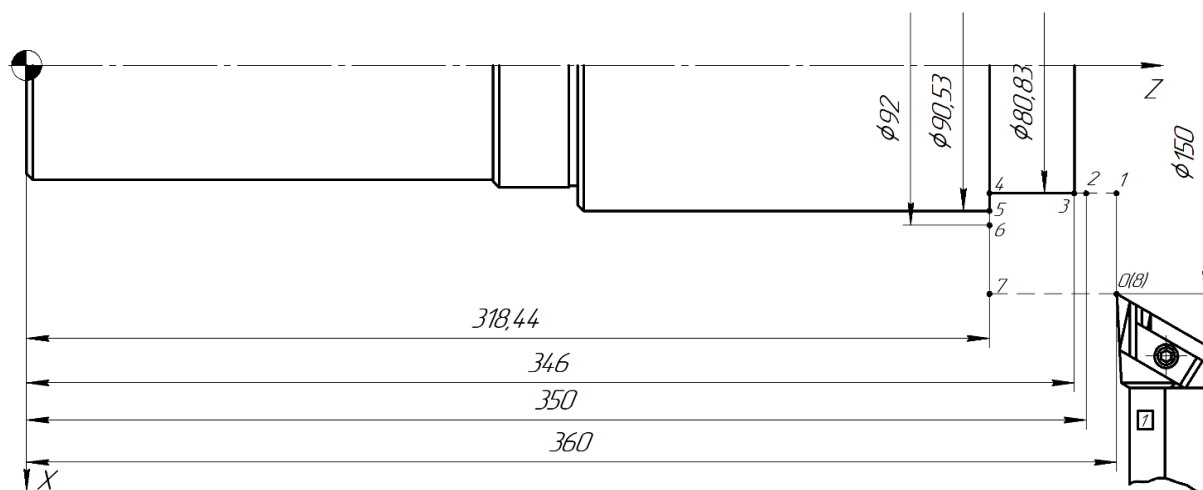


Рисунок 3.10 – Траекторія переміщення різця при чорновій обробці на другому установі

Траекторія переміщення різального інструмента при прорізанні канавки на установі 2 зображена на рис. 3.12, а розрахунок основного та машинно-допоміжного часу зведений до табл. 3.27.

Таблиця 3.25 – Розрахунок основного та машинно-допоміжного часу при чорновій обробці на установі 2

№ ТОЧОК	$D_1$ , мм	$D_2$ , мм	$l_1$ , мм	$l_2$ , мм	$L$ , мм	$S$ , мм/об (мм/хв)	$n$ , об/хв	$t_o$ , хв	$t_{м.д.}$ , хв
0-1	150	80,83	360	360	34,585	3000	-	-	0,012
1-2	80,83	80,83	360	350	10	3000	-	-	0,003
2-3	80,83	80,83	350	346	4	0,8	180	0,028	-
3-4	80,83	80,83	346	318,44	27,56	0,8	180	0,191	-
4-5	80,83	90,53	318,44	318,44	4,85	0,8	180	0,034	-
5-6	90,53	92	318,44	318,44	0,735	0,8	180	0,005	-
6-7	92	150	318,44	318,44	29	3000	-	-	0,010
7-8	150	150	318,44	360	41,56	3000	-	-	0,014

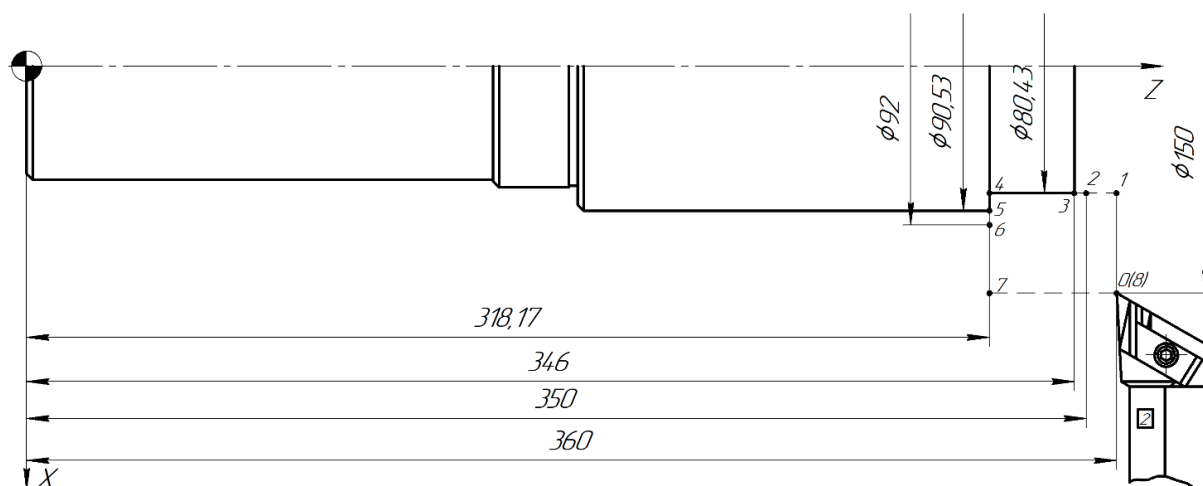


Рисунок 3.11 – Траекторія переміщення різця при чистовій обробці на другому установі

Таблиця 3.26 – Розрахунок основного та машинно-допоміжного часу при чистовій обробці на установі 2

№ ТОЧОК	$D_1$ , мм	$D_2$ , мм	$l_1$ , мм	$l_2$ , мм	$L$ , мм	$S$ , мм/об (мм/хв)	$n$ , об/хв	$t_o$ , хв	$t_{м.д.}$ , хв
0-1	150	80,43	360	360	34,785	3000	-	-	0,012

Закінчення таблиці 3.26

№ ТОЧОК	$D_1$ , ММ	$D_2$ , ММ	$l_1$ , ММ	$l_2$ , ММ	$L$ , ММ	$S$ , ММ/ОБ (ММ/ХВ)	$n$ , ОБ/ХВ	$t_o$ , ХВ	$t_{м.д.}$ , ХВ
1-2	80,43	80,43	360	350	10	3000	-	-	0,003
2-3	80,43	80,43	350	346	4	0,17	1000	0,024	-
3-4	80,43	80,43	346	318,17	27,83	0,17	1000	0,164	-
4-5	80,43	90,53	318,17	318,17	5,05	0,17	1000	0,030	-
5-6	90,53	92	318,17	318,17	0,735	0,17	1000	0,004	-
6-7	92	150	318,17	318,17	29	3000	-	-	0,010
7-8	150	150	318,17	360	41,83	3000	-	-	0,014

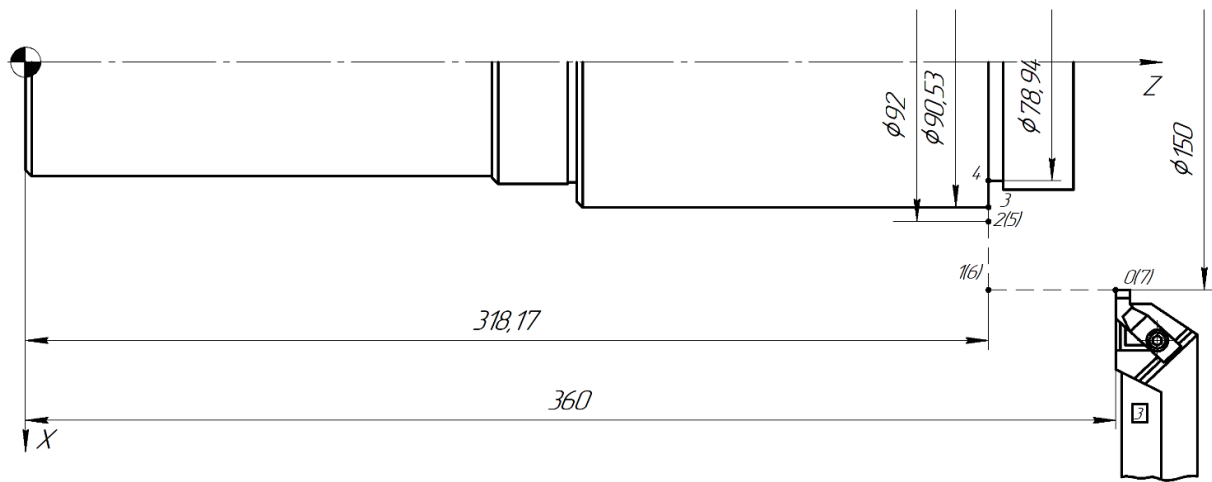


Рисунок 3.12 – Траекторія переміщення різця при прорізанні канавки на другому установі

Таблиця 3.27 – Розрахунок основного та машинно-допоміжного часу при прорізанні канавки на установі 2

№ ТОЧОК	$D_1$ , ММ	$D_2$ , ММ	$l_1$ , ММ	$l_2$ , ММ	$L$ , ММ	$S$ , ММ/ОБ (ММ/ХВ)	$n$ , ОБ/ХВ	$t_o$ , ХВ	$t_{м.д.}$ , ХВ
0-1	150	150	360	318,17	41,83	3000	-	-	0,014
1-2	150	92	318,17	318,17	29	3000	-	-	0,010
2-3	92	90,53	318,17	318,17	0,735	0,07	500	0,021	-
3-4	90,53	78,94	318,17	318,17	5,795	0,07	500	0,166	-

Закінчення таблиці 3.27

№ ТОЧОК	$D_1$ , ММ	$D_2$ , ММ	$l_1$ , ММ	$l_2$ , ММ	$L$ , ММ	$S$ , ММ/ОБ (ММ/ХВ)	$n$ , ОБ/ХВ	$t_o$ , ХВ	$t_{м.д.}$ , ХВ
4-5	78,94	92	318,17	318,17	6,53	0,07	500	0,187	-
5-6	92	150	318,17	318,17	29	3000	-	-	0,010
6-7	150	150	318,17	360	41,83	3000	-	-	0,014

Траекторія переміщення різального інструмента при обробці фасок на установі 2 зображена на рис. 3.13, а розрахунок основного та машинно-допоміжного часу зведений до табл. 3.28.

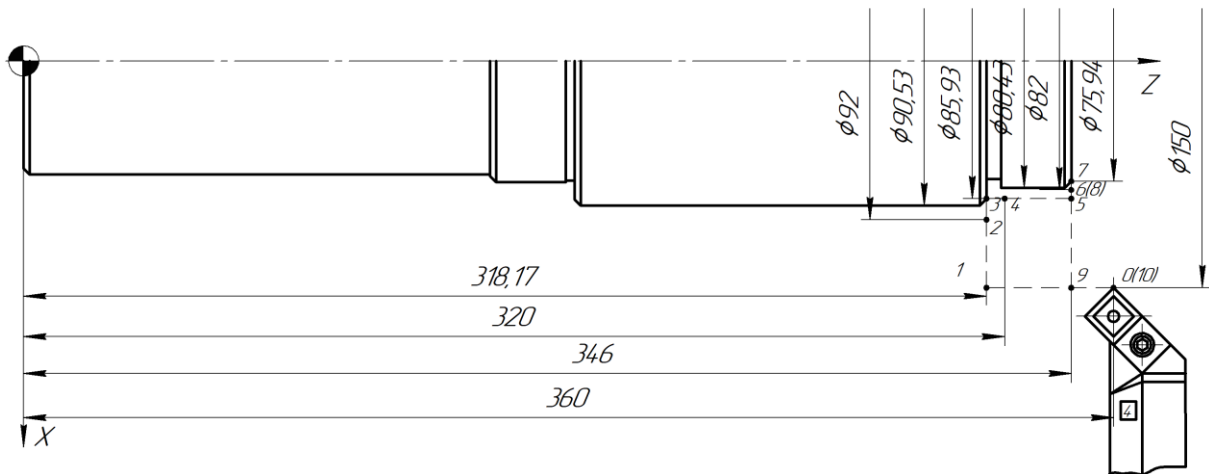


Рисунок 3.13 – Траекторія переміщення різця при обробці фасок на другому установі

Таблиця 3.28 – Розрахунок основного та машинно-допоміжного часу при обробці фасок на установі 2

№ ТОЧОК	$D_1$ , ММ	$D_2$ , ММ	$l_1$ , ММ	$l_2$ , ММ	$L$ , ММ	$S$ , ММ/ОБ (ММ/ХВ)	$n$ , ОБ/ХВ	$t_o$ , ХВ	$t_{м.д.}$ , ХВ
0-1	150	150	360	318,17	41,83	3000	-	-	0,014
1-2	150	92	318,17	318,17	29	3000	-	-	0,010
2-3	92	85,93	318,17	318,17	3,035	0,07	500	0,087	-
3-4	85,93	85,93	318,17	320	1,83	0,07	500	0,052	-

Закінчення таблиці 3.28

№ ТОЧОК	$D_1$ , ММ	$D_2$ , ММ	$l_1$ , ММ	$l_2$ , ММ	$L$ , ММ	$S$ , ММ/ОБ (ММ/ХВ)	$n$ , ОБ/ХВ	$t_o$ , ХВ	$t_{м.д.}$ , ХВ
4-5	85,93	85,93	320	346	26	3000	-	-	0,009
5-6	85,93	82	346	346	1,965	3000	-	-	0,001
6-7	82	75,94	346	346	3,03	0,07	500	0,087	-
7-8	75,94	82	346	346	3,03	0,07	500	0,087	-
8-9	82	150	346	346	34	3000	-	-	0,011
9-10	150	150	346	360	14	3000	-	-	0,005

### 3.6. Розрахунок штучного часу

Оперативний час на обробку деталі розраховують за формулою

$$t_{оп} = t_o + t_{м.д.} + t_{уст}, \quad (3.25)$$

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

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

$t_{уст}$  – час на установку та знімання заготовки, хв (табл. 3.29).

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

$$t_{перест} = 0,8t_{уст} \quad (3.26)$$

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 3.29 – Час на установку та знімання заготовки

Маса деталі, кг, до	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20	30	50
$t_{уст}$	0,16	0,17	0,18	0,20	0,24	0,26	0,29	0,34	2,0	2,1





Час на обслуговування робочого місця та особисті потреби при роботі на верстаті моделі 16K20T1 становить:

$$t_{\text{обсл}} = 0,1t_{\text{оп}} \quad (3.27)$$

Штучний час обробки деталі, хв:

$$T_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{опсл}} \quad (3.28)$$

Результати розрахунків зведені до табл. 2.30.

Таблиця 3.30 – Розрахунок оперативного часу

Перехід	$t_o$ , ХВ	$t_{\text{м.д.}}$ , ХВ	$t_{\text{уст}}$ , ХВ
1. Установити та зняти деталь	–	–	0,340
2. Задвинути щиток загородження, відвести, ввімкнути цикл	–	–	0,030
3. Повернути різцеву головку на 3 позиції	–	0,060	–
4. Проточити деталь начорно на першому установі	2,014	0,138	–
5. Повернути різцеву головку на 1 позицію	–	0,020	–
6. Проточити деталь начисто на першому установі	1,971	0,138	–
7. Повернути різцеву головку на 1 позицію	–	0,020	–
8. Прорізати канавки на першому установі	0,373	0,150	–
9. Повернути різцеву головку на 1 позицію	–	0,020	–
10. Проточити фаски на першому установі	0,376	0,092	–
11. Переустановити деталь	–	–	0,272
12. Задвинути щиток загородження, відвести, ввімкнути цикл	–	–	0,030
13. Повернути різцеву головку на 3 позиції	–	0,060	–
14. Проточити деталь начорно на другому установі	0,258	0,038	–
15. Повернути різцеву головку на 1 позицію	–	0,020	–
16. Проточити деталь начисто на другому установі	0,221	0,039	–
17. Повернути різцеву головку на 1 позицію	–	0,020	–
18. Прорізати канавку на другому установі	0,373	0,047	–
19. Повернути різцеву головку на 1 позицію	–	0,020	–
20. Проточити фаски на другому установі	0,312	0,049	–
Сума:	5,898	0,931	0,672

Оперативний час

$$t_{\text{оп}} = \Sigma t_o + \Sigma t_{\text{м.д}} + \Sigma t_{\text{уст}} = \\ = 5,898 + 0,931 + 0,672 = 7,501 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та особисті потреби:

$$t_{\text{обсл}} = 0,1 t_{\text{оп}} = 0,1 \cdot 7,501 = 0,750 \text{ хв.}$$

Штучний час обробки деталі:

$$T_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{обсл}} = 7,501 + 0,750 = 8,251 \text{ хв.}$$

### 3.7. Розробка управляючої програми

Відповідно до інструкції з програмування верстата моделі 16К20Т1 з ПЧПУ “Електроніка НЦ-31” (див. розділ 1.1) складають управляючу програму:

N000 M40	N015 X15000 ~~~~~	N030 Z36000 ~~~~~
N001 M03	N016 Z36000 ~~~~~	N031 T3
N002 T1	N017 T2	N032 S5
N003 F80	N018 F17	N033 F07
N004 S3	N019 S7	N034 Z16398 ~~~~~
N005 X7589 ~~~~~	N020 X7549 ~~~~~	N035 X9200 ~~~~~
N006 Z35000 ~~~~~	N021 Z35000 ~~~~~	N036 X7894
N007 Z23591	N022 Z23591	N037 X9200
N008 X7538	N023 X7494	N038 X15000 ~~~~~
N009 Z19211	N024 Z19192	N039 Z36000 ~~~~~
N010 X8084	N025 X8043	N040 T4
N011 S2	N026 Z16398	N041 S5
N012 Z16415	N027 X9053	N042 F07
N013 X9095	N028 Z2300	N043 Z16398 ~~~~~
N014 Z2300	N029 X15000 ~~~~~	N044 X9200 ~~~~~

N045 X8593	N064 Z31844	N083 X9200
N046 Z16500	N065 X9200	N084 X15000~~~~
N047 Z19192~~~~	N066 X15000~~~~	N085 Z36000~~~~
N048 X8200~~~~	N067 X36000~~~~	N086 T4
N049 X7594	N068 T2	N087 S5
N050 Z19300	N069 S7	N088 F07
N051 Z34600~~~~	N070 F17	N089 Z31817~~~~
N052 X7094	N071 X8043~~~~	N090 X9200~~~~
N053 X7594	N072 Z35000~~~~	N091 X8593
N054 X15000~~~~	N073 Z31817	N092 Z32000
N055 Z36000~~~~	N074 X9200	N093 Z34600~~~~
N056 M05	N075 X15000~~~~	N094 X8200~~~~
N057 M00	N076 Z36000~~~~	N095 X7594
N058 M03	N077 T3	N096 X8200
N059 T1	N078 S5	N097 X15000~~~~
N060 S2	N079 F07	N098 Z36000~~~~
N061 F80	N080 Z31817~~~~	N099 M05
N062 X8083~~~~	N081 X9200~~~~	N100 M30
N063 Z35000~~~~	N082 X7894	

### 3.8. Контрольні запитання

1. За якими формулами розраховують середні розміри траєкторії переміщень ріжучого інструменту?
2. Як розраховують лінійні розміри точок контуру деталі?
3. За яким принципом встановлюється необхідна кількість та форма різального інструмента для обробки певної деталі на верстаті з ЧПУ моделі 16K20T1?
4. Як будується схема знімання припуску?
5. За якими формулами розраховують проміжні мінімальні припуски при обробці діаметрів заготовки?
6. За якими формулами розраховують проміжні мінімальні припуски при обробці торців заготовки?
7. Як розраховують масу заготовки?
8. Як встановлюється базовий діаметральний розмір заготовки?
9. За якими формулами розраховують проміжні мінімальні та максимальні діаметри і довжини на переходах?
10. Як встановлюють ступень складності та групу сталі для поковок?

11. Як при розрахунку режимів різання встановлюють подачу при чорновому та чистовому точінні а також при обробці фасок та канавок?
12. Як розраховують глибини різання на кожному з переходів?
13. За якими формулами розраховують швидкість різання?
14. За яким принципом встановлюють частоту обертів верстата?
15. За якою формулою розраховують основний час обробки деталі?
16. За якою формулою розраховують машинно-допоміжний час обробки деталі?
17. За якою формулою розраховують оперативний час обробки деталі?
18. Як встановлюють час на установку та знімання заготовки?
19. За якою формулою розраховують штучний час обробки деталі?
20. Які команди використовуються при розробці управляючої програми?
21. Як кодується частота обертів шпинделя при розробці управляючої програми?
22. Як кодується подача при розробці управляючої програми?
23. Як кодується позиція інструменту при розробці управляючої програми?
24. Як кодується переміщення ріжучого інструменту при розробці управляючої програми?

## 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 пультах оператора, наведено в табл. 4.1.

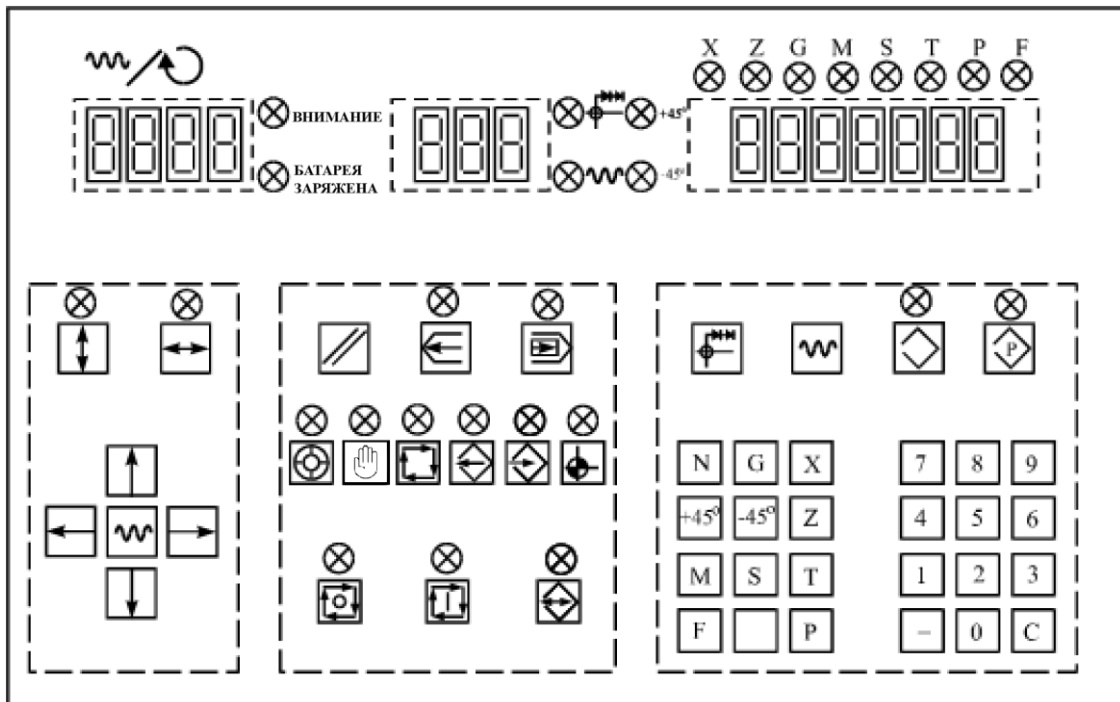
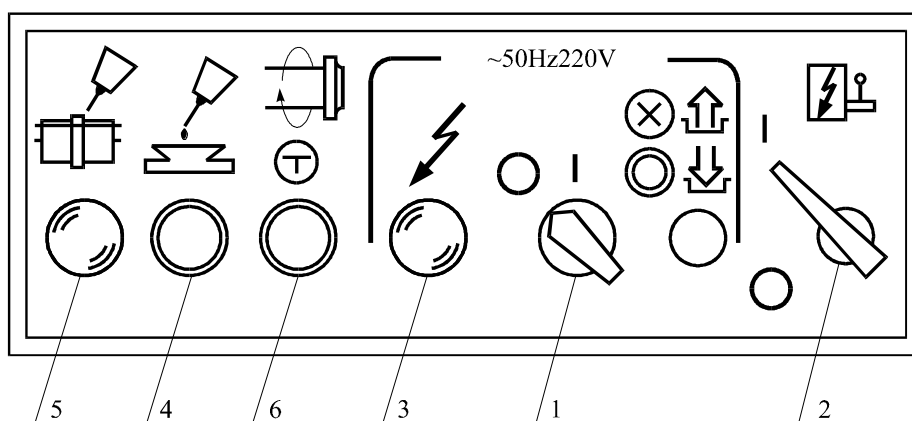


Рисунок 4.1 – Пульт оператора ПЧПУ «Електроніка НЦ-31»












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











Рисунок 4.2 – Панель управління верстатом 16K20T1



Таблиця 4.1 – Призначення клавіш пульта оператора









Символ	Призначення
Клавіші для управління переміщенням супорта в ручному режимі:	
	<p>“вертикальна стрілка”; при натисканні на цю клавішу при обертанні ручного маховичка супорт переміщується в поперечному напрямку; при натисканні на неї при автоматичному відпрацюванні програми на цифровому індикаторі видається інформація про положення супорта на поперечній осі;</p>
	<p>“горизонтальна стрілка”; при натисканні на цю клавішу при обертанні ручного маховичка супорт переміщується в поздовжньому напрямку; при натисканні на неї при автоматичному відпрацюванні програми на цифровому індикаторі видається інформація про положення супорта на поздовжній осі</p>
Клавіші поштовхового переміщення в ручному режимі:	
	до осі шпинделя;
	від осі шпинделя
	до передньої бабки;
	до задньої бабки;
	прискорене переміщення
Клавіші завдання режимів роботи:	
	режим роботи від маховичка;
	режим поштовхового переміщення від клавіш (ручний);

Продовження таблиці 4.1





Символ	Призначення
	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;
Клавіші управління (виконавчі):	
	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;
Клавіші додаткових підрежимів:	
	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









Закінчення таблиці 4.1

Символ	Призначення
Клавіші введення буквено-цифрової інформації:	
	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 “Г” та поворотом ввідного автомата 2 в положення “Г”. При цьому на пульті системи засвічується сигнальний світло-

діод (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 натис-

канням 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.

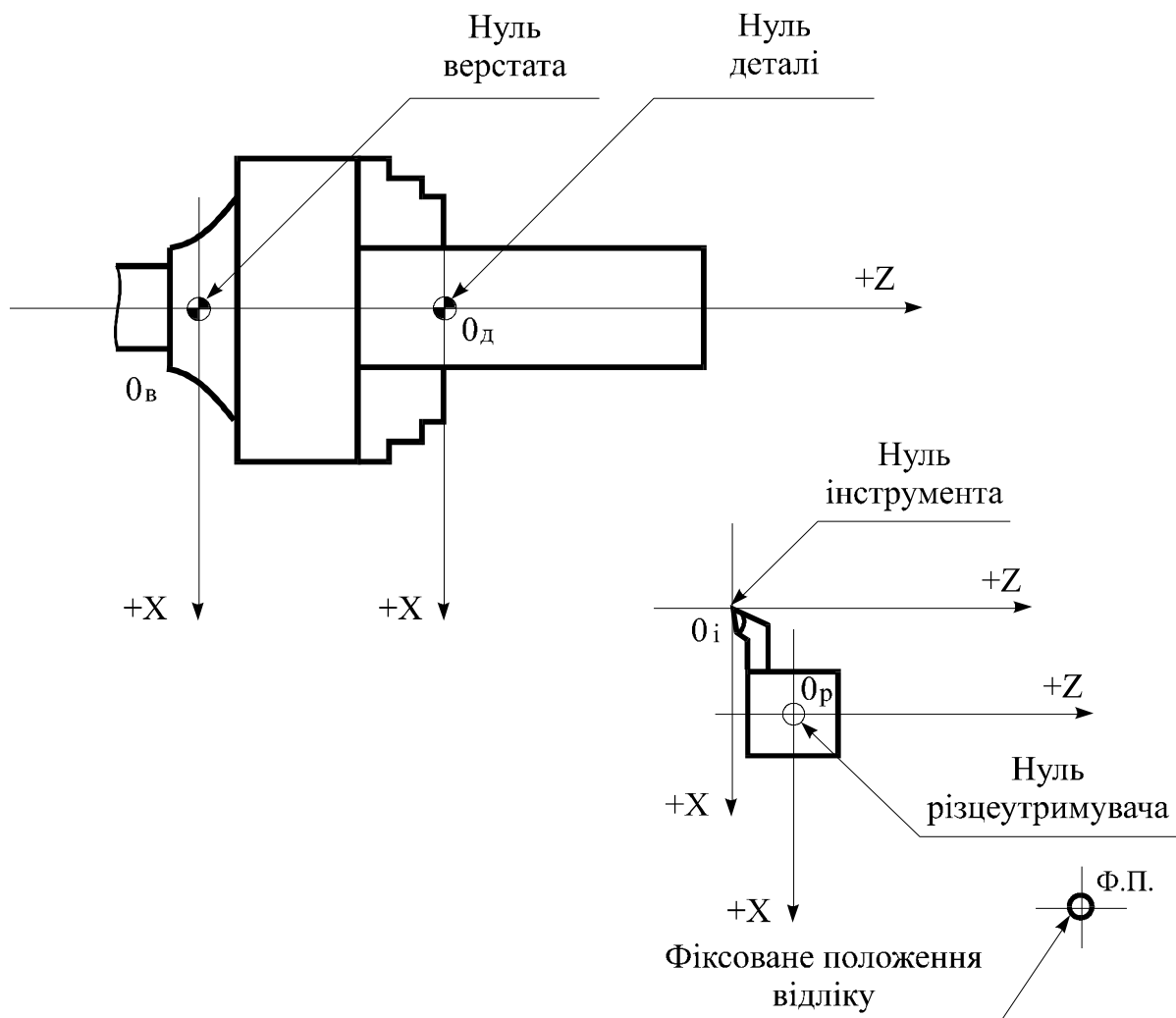




































Рисунок 4.3 – Координатні осі верстата







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 слідкує 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 нати-



сканням клавіш  та  здійснюється наїзд на кінцевик сповільнюван-  
ня. Якщо процедура виконана правильно, то переміщення супорта припи-  
няється. З'їзд з кінцевика сповільнювання здійснюється натисканням кла-  
віші . 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 різаль-  
ного інструмента до системи відліку та прив'язка системи відліку до де-  
талі. Процедура виконується для всіх інструментів, що знаходяться в нала-  
дці. Для цього необхідно встановити інструмент, наприклад перший, в ро-  
бочу позицію, натиснувши клавіші , , , , задати напрямок  
переміщення  або  і за допомогою маховичка проточити циліндрич-  
ну поверхню деталі. Відвести різець від деталі по координаті Z, не зміню-  
ючи його положення відносно координати X. Натиснувши клавіші  
, , , вимкнути верстат. З максимальною точністю виміряти ді-  
аметр обробленої поверхні і занести це значення до пам'яті верстата, нати-  
снувши клавіші , , значення діаметра у дискретах . Увімкнути  
верстат клавішами , , , , ,  і здійснити проточку то-  
рця деталі, якщо це дозволяє конструкція різця, або підвести вершину різ-  
ця до торця деталі. Відвести різець по координаті X, не змінюючи його по-  
ложення по координаті Z, і вимкнути верстат. Здійснити замір довжини де-  
талі від торця до торця патрона і ввести це значення під адресою Z до  
пам'яті верстата.

Тепер можна зняти деталь, розтиснувши кулачки патрона і встанови-  
ти 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 ну-  
ля 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 цьому 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 послідовно кадр за кадром, починаючи з номера кадру, заданого на індикаторі.

## 4.2. Управління верстатом моделі 16K20Ф3С32 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 пультах оператора, зазначені в табл. 4.2.



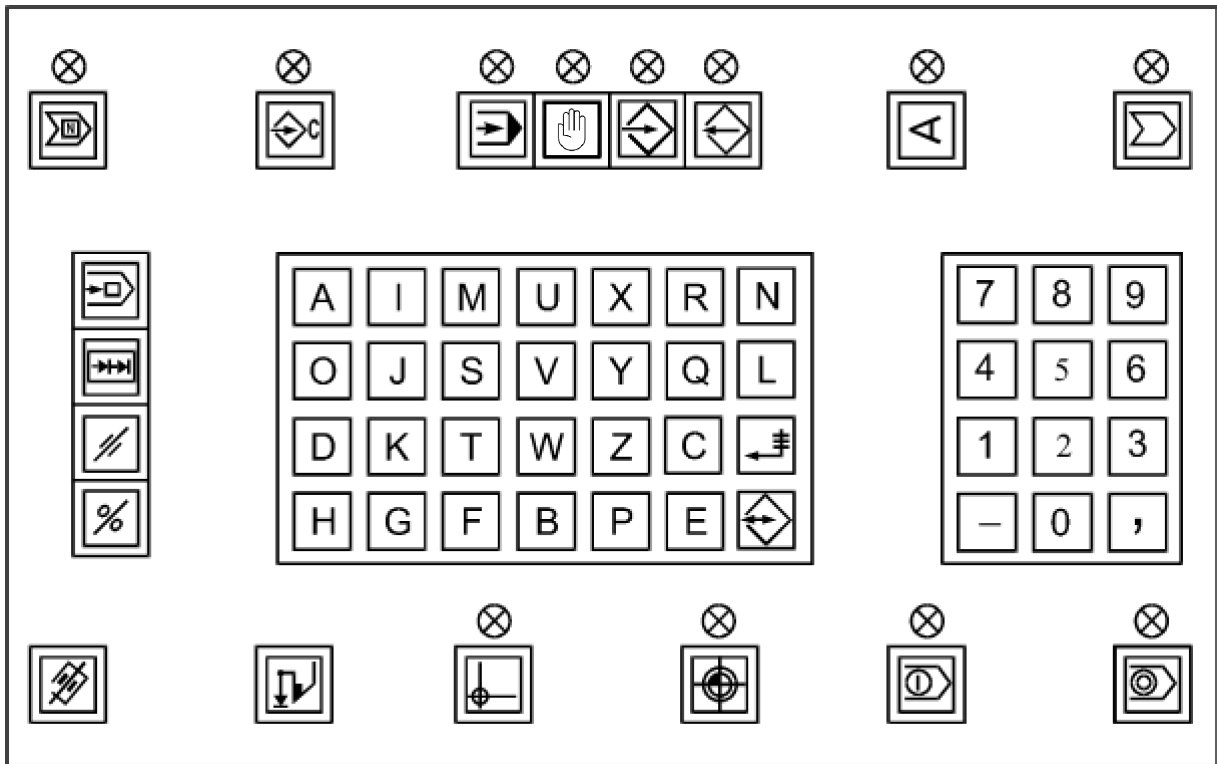
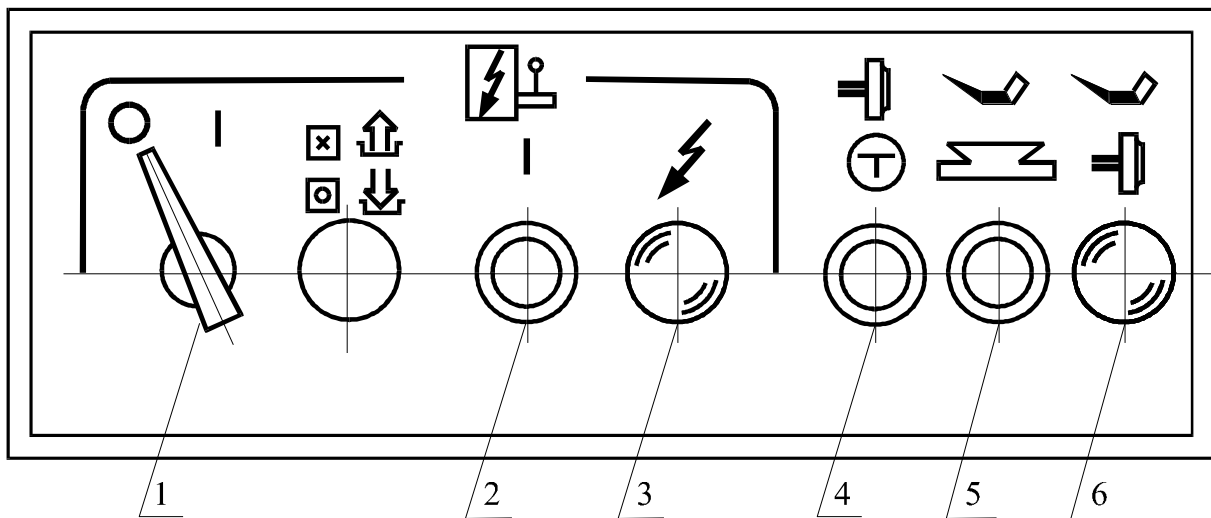
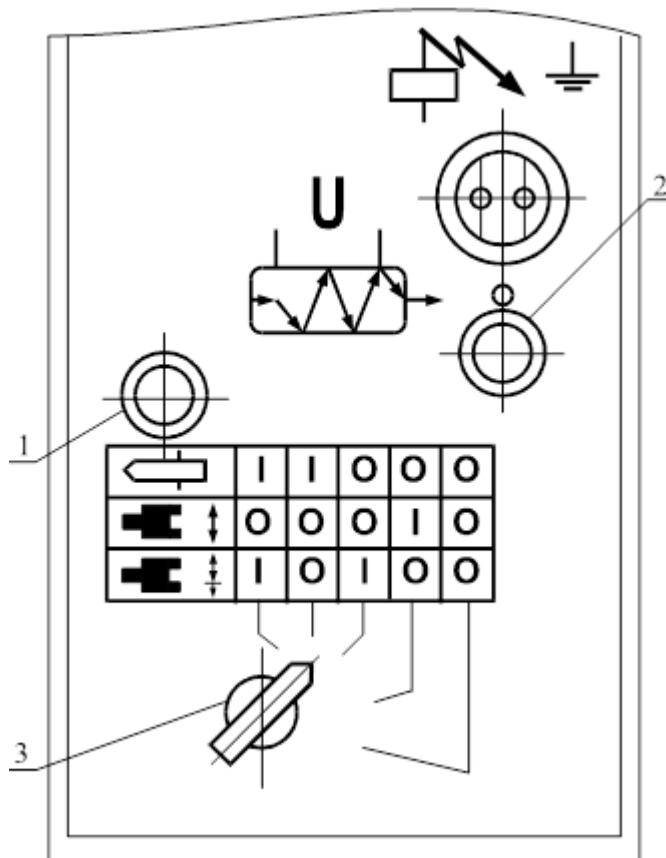


Рисунок 4.4 – Пульт оператора ПЧПУ «2P22»



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

Для вмикання верстата моделі 16K20Ф3С32 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 засвітується світло-

діод , а на пульті управління пристроєм (пульті


оператора) – сигнальний світлодіод над клавішею ; на екрані блока висвітлення символічної інформації (БВСІ) з’являється напис «ДИАГНОСТИКА УЧПУ 2Р22 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 2Р22 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 4.2 – Значення символів клавіатури пульта

Символ	Значення
	ПОШУК КАДРУ
	ВВЕДЕННЯ КОМАНД
	АВТОМАТ
	РУЧНЕ УПРАВЛІННЯ
	ВВЕДЕННЯ
	ВИВЕДЕННЯ
	ТЕСТ
	НОСІЙ ІНФОРМАЦІЇ
	ЗСУВ КАДРУ

Закінчення таблиці 4.2

Символ	Значення
	ЗСУВ ФРАЗИ
	ЧИСТКА
	ПОЧАТОК ПРОГРАМИ (КОРЕКЦІЯ)
	СКИДАННЯ ПАМ'ЯТІ
	ВВЕДЕННЯ ЗА ЗРАЗКОМ
	ПОЧАТКОВЕ ПОЛОЖЕННЯ
	ФІКСОВАНА ТОЧКА ВЕРСТАТА
	ПУСК
	СТОП
	ВВЕДЕННЯ ДАНИХ

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

Закінчення таблиці 4.3

Номер параметра	Числове значення параметра	Функціональне призначення
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.

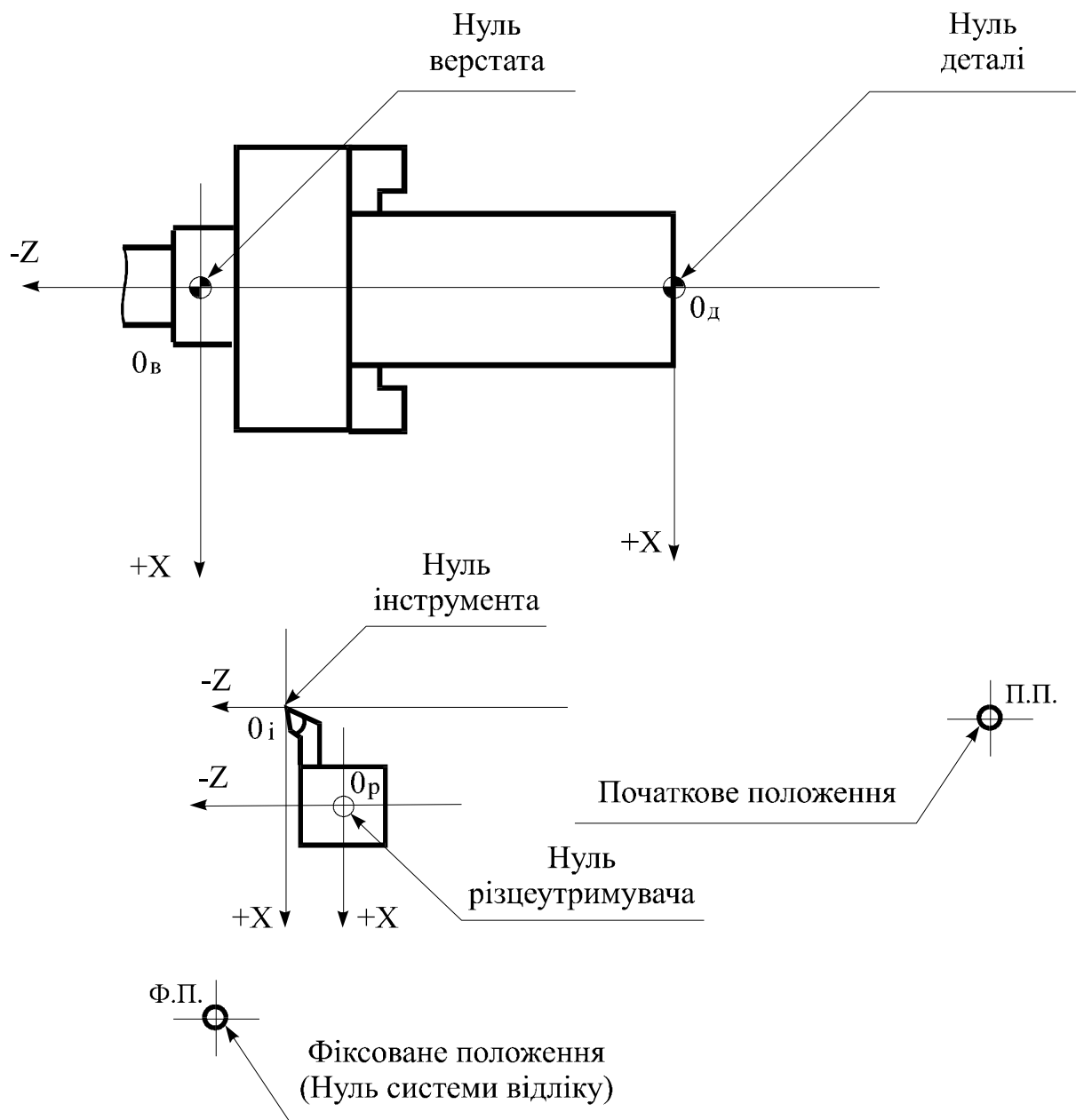









Рисунок 4.7 – Координатні осі верстата мод. 16K20Ф3С32





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 ,  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 ввімкнути оберти шпинделя (наприклад 500 об/хв), задати робочу подачу (наприклад 0,1 мм/об), встановити в робочу позицію перший інструмент: , , , , , , , , , ,   
, , .




Користуючись мнеморукояткою та штурвалами, слід проточити циліндричну поверхню заготовки, потім відвести інструмент по координаті Z, не змінюючи його положення по координаті X, і вимкнути оберти шпинде-







ля, 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: , , , , , , , , , , , , , .

За допомогою мнеморюкятки 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: , , , , , ; набором змісту першого ка-

дру 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.

### 4.3. Управління верстатом моделі ТПК-125ВН2 з ПЧПУ «Н22-1МТ1»

На передній шпindelній бабці верстата знаходиться пульт управління верстатом (рис. 4.8). Перелік графічних символів, зображених на пульті управління верстатом, подано в табл. 4.4.

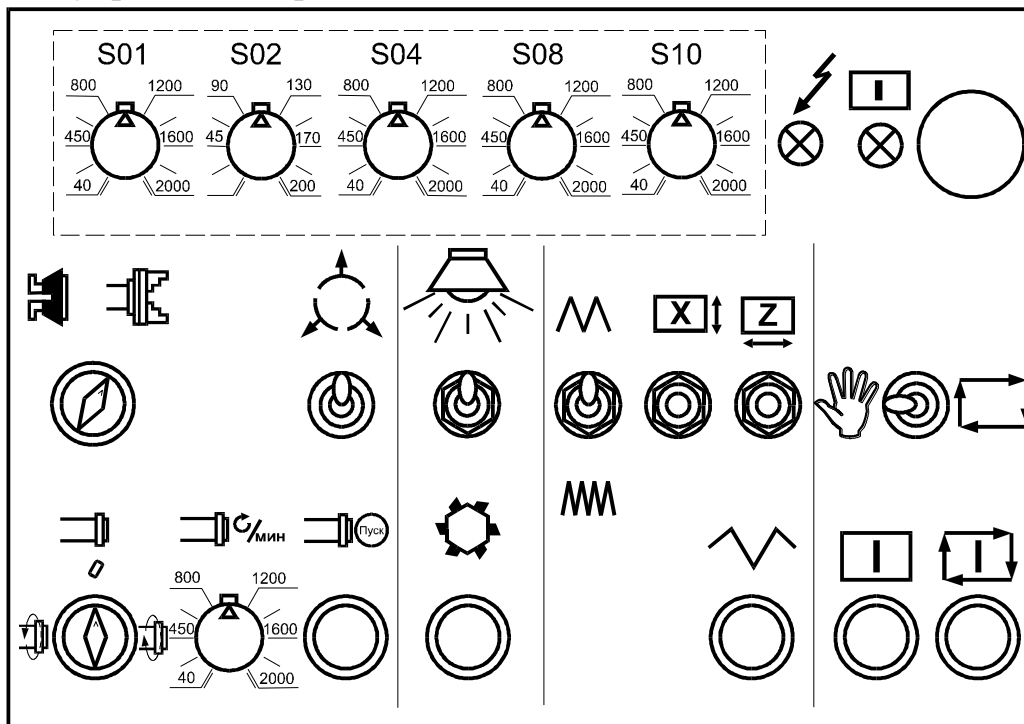


Рисунок 4.8 – Пульт управління верстатом мод. ТПК125ВН2





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)

Встановлення режимів роботи та управління верстатом здійснюється з пульта оператора (рис. 4.9), розташованого на пристрої ЧПУ.

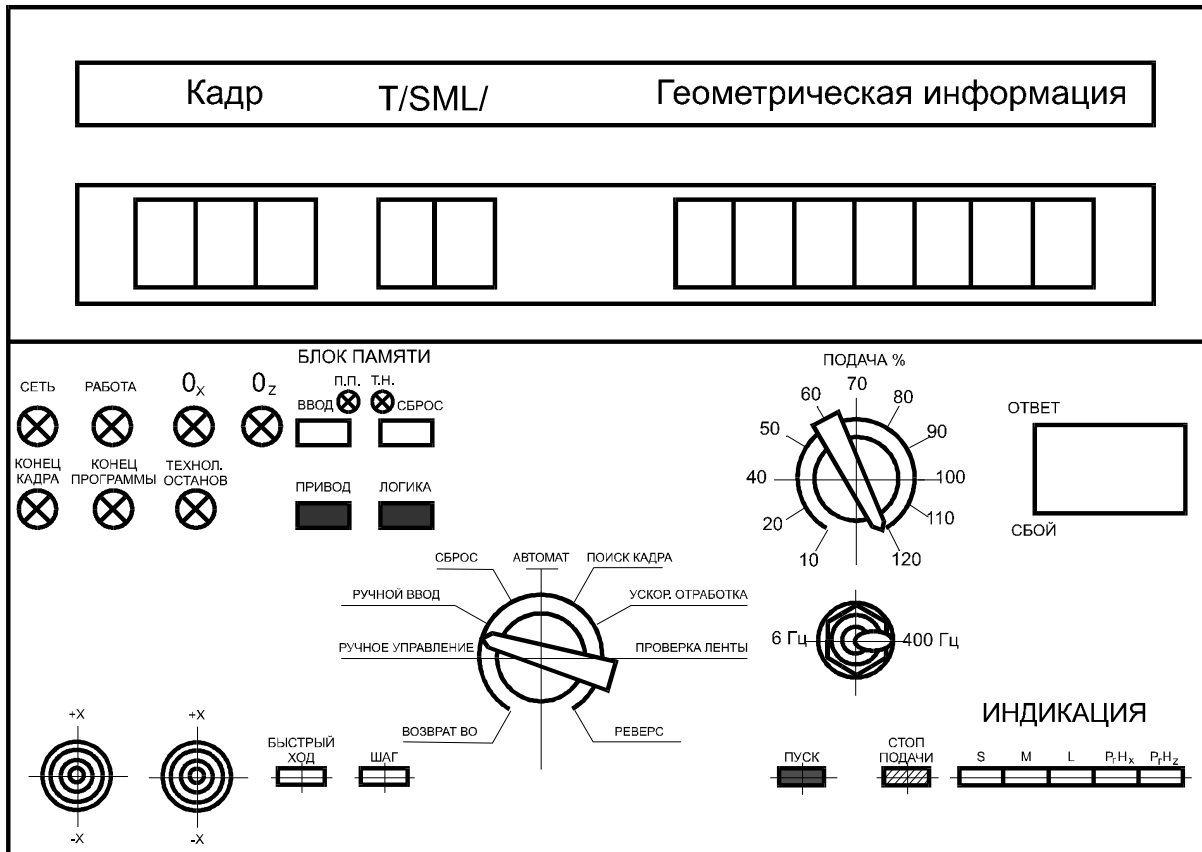


Рисунок 4.9 – Пульт оператора ПЧПУ N22-1MT1

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.

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

- кнопка ВКЛ – вмикання ПЧПУ в електромережу;

- кнопка ВВВК – вимикання ПЧПУ;
- шість пар лампочок стану фаз двигунів по осях X та Z.

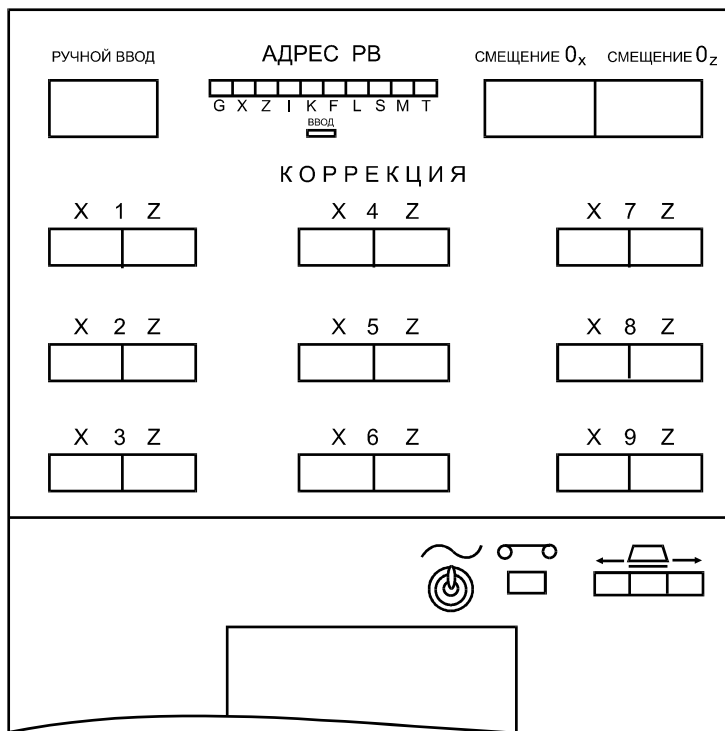


Рисунок 4.10 – Пульт корекції ПЧПУ H22-1MT1

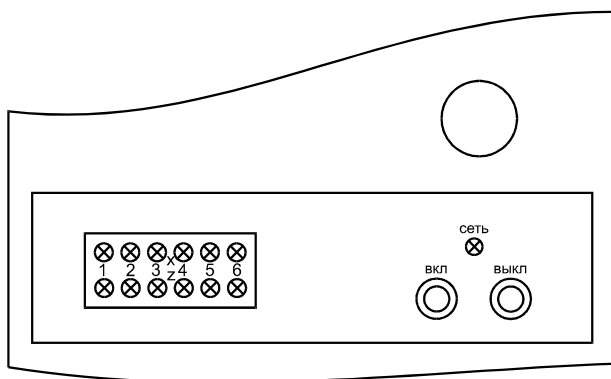


Рисунок 4.11 – Пульт ПУКП ПЧПУ H22-1MT1

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 ліве поло-

ження; перемикач затискання і розтискання пневмопатрона – у положення “Затиснуто”; перемикач циклу роботи – у праве положення при роботі з механічним патроном або у ліве – 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 кноп-

кою 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.

#### 4.4. Контрольні запитання

1. Який порядок вмикання верстата моделі 16K20T1 з ПЧПУ «Електроніка НЦ-31»?
2. Як здійснюється введення параметрів верстата моделі 16K20T1 з ПЧПУ «Електроніка НЦ-31»?
3. Як здійснюється процедура прив'язки різальних інструментів на верстаті моделі 16K20T1 з ПЧПУ «Електроніка НЦ-31»?
4. Як здійснюється процедура введення управляючої програми і відпрацювання її в автоматичному режимі на верстаті моделі 16K20T1 з ПЧПУ «Електроніка НЦ-31»?
5. Який порядок вмикання верстата моделі 16K20Ф3С32 з ПЧПУ «2Р22»?
6. Як здійснюється введення параметрів верстата моделі 16K20Ф3С32 з ПЧПУ «2Р22»?
7. Як здійснюється процедура прив'язки різальних інструментів на верстаті моделі 16K20Ф3С32 з ПЧПУ «2Р22»?
8. Як здійснюється процедура введення управляючої програми і відпрацювання її в автоматичному режимі на верстаті моделі 16K20Ф3С32 з ПЧПУ «2Р22»?
9. Які дії необхідно виконати перед вмиканням верстата моделі ТПК-125ВН2 з ПЧПУ «Н22-1МТ1»?
10. Який порядок вмикання верстата моделі ТПК-125ВН2 з ПЧПУ «Н22-1МТ1»?
11. Які дії необхідно виконати для запуску верстата моделі ТПК-125ВН2 з ПЧПУ «Н22-1МТ1» в автоматичному режимі?

## 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).

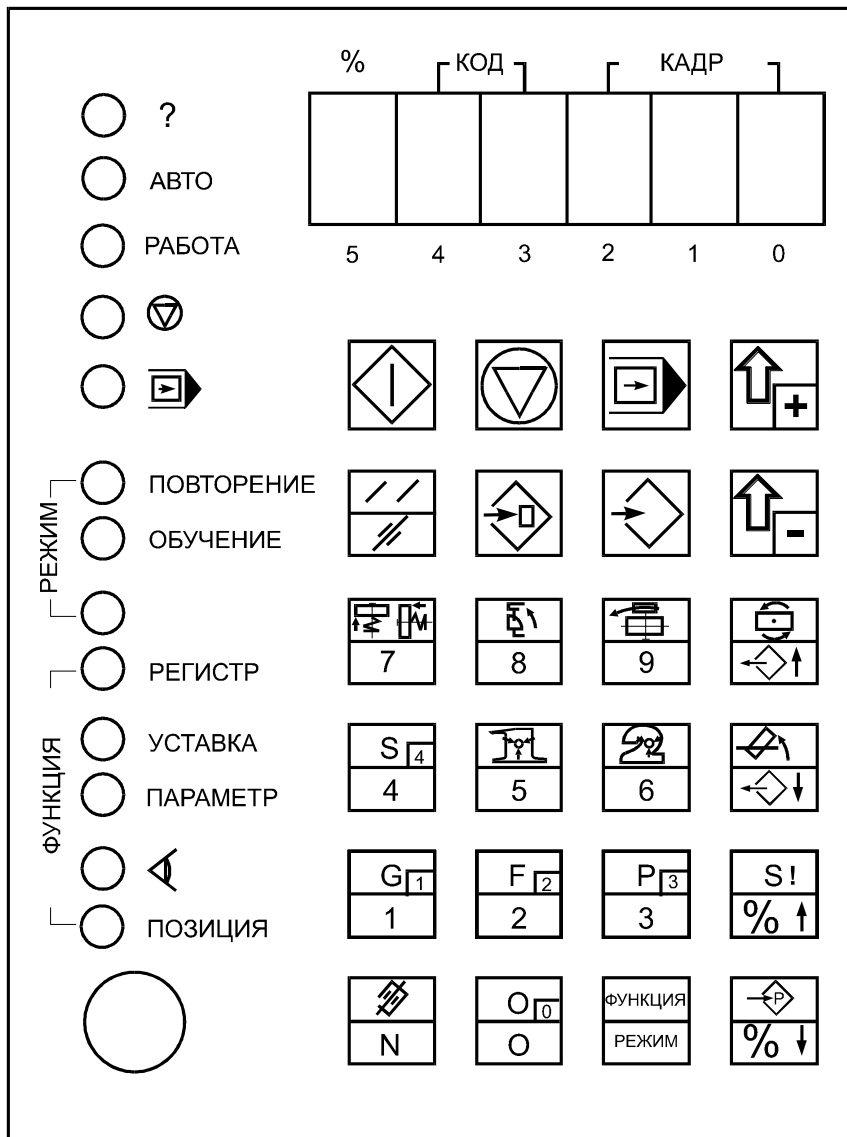



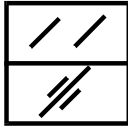
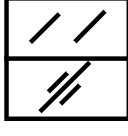
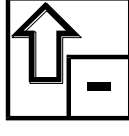
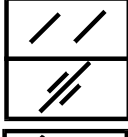
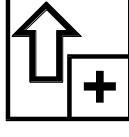


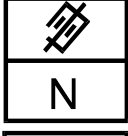
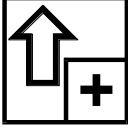
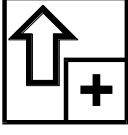
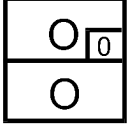


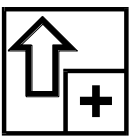


Рисунок 5.1 – ПНПР М10П.62.01

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

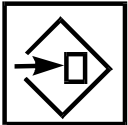
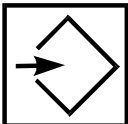
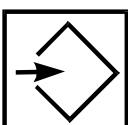

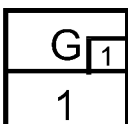
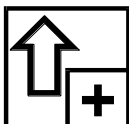
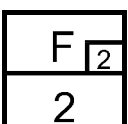

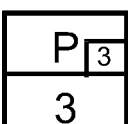
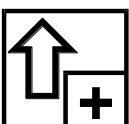
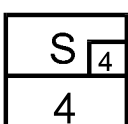
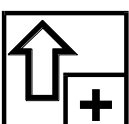
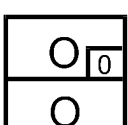
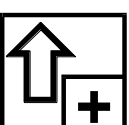
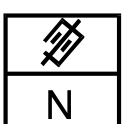
Таблиця 5.1 – Команди управління ПР М10П.62.01

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





Продовження таблиці 5.1

Клавіші, що натискають	Команда управління
	Введення номера програми, кадру, G-функції, F-подачі, S-функції. Команда “Введення”
	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

Закінчення таблиці 5.1

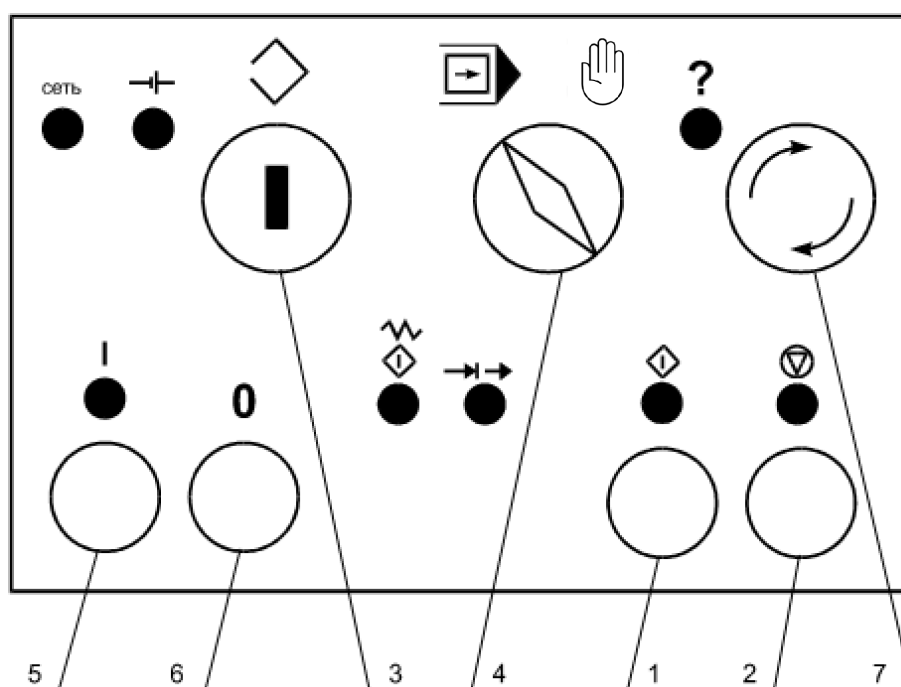
Клавiші, що натискають		Команда управління
		Режим
		Покрокова робота
		Наступний
		Попередній
		Функція
		Навчання позиції

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

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 “P-позиція”: за допомогою відповідних клавiш про-

мисловий 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.



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

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 встанов-

лений, 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.

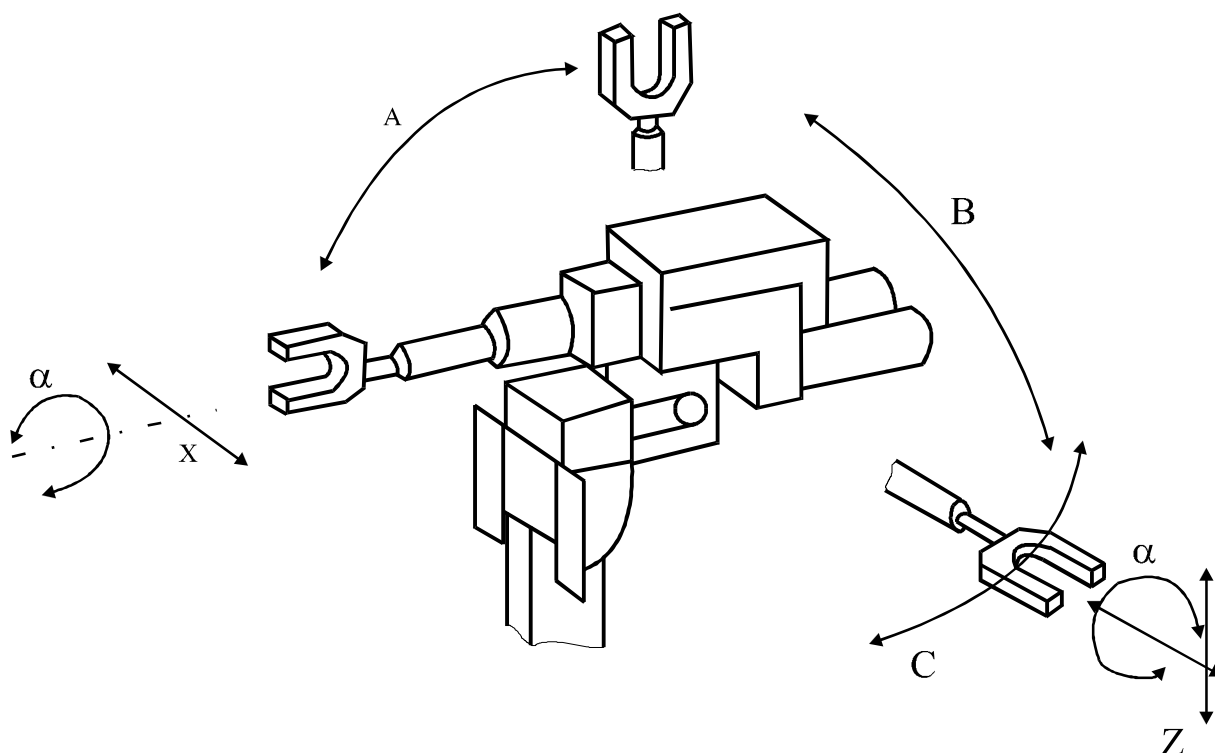


Рисунок 5.3 – Координатні осі ПР М10П.62.01

## 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.

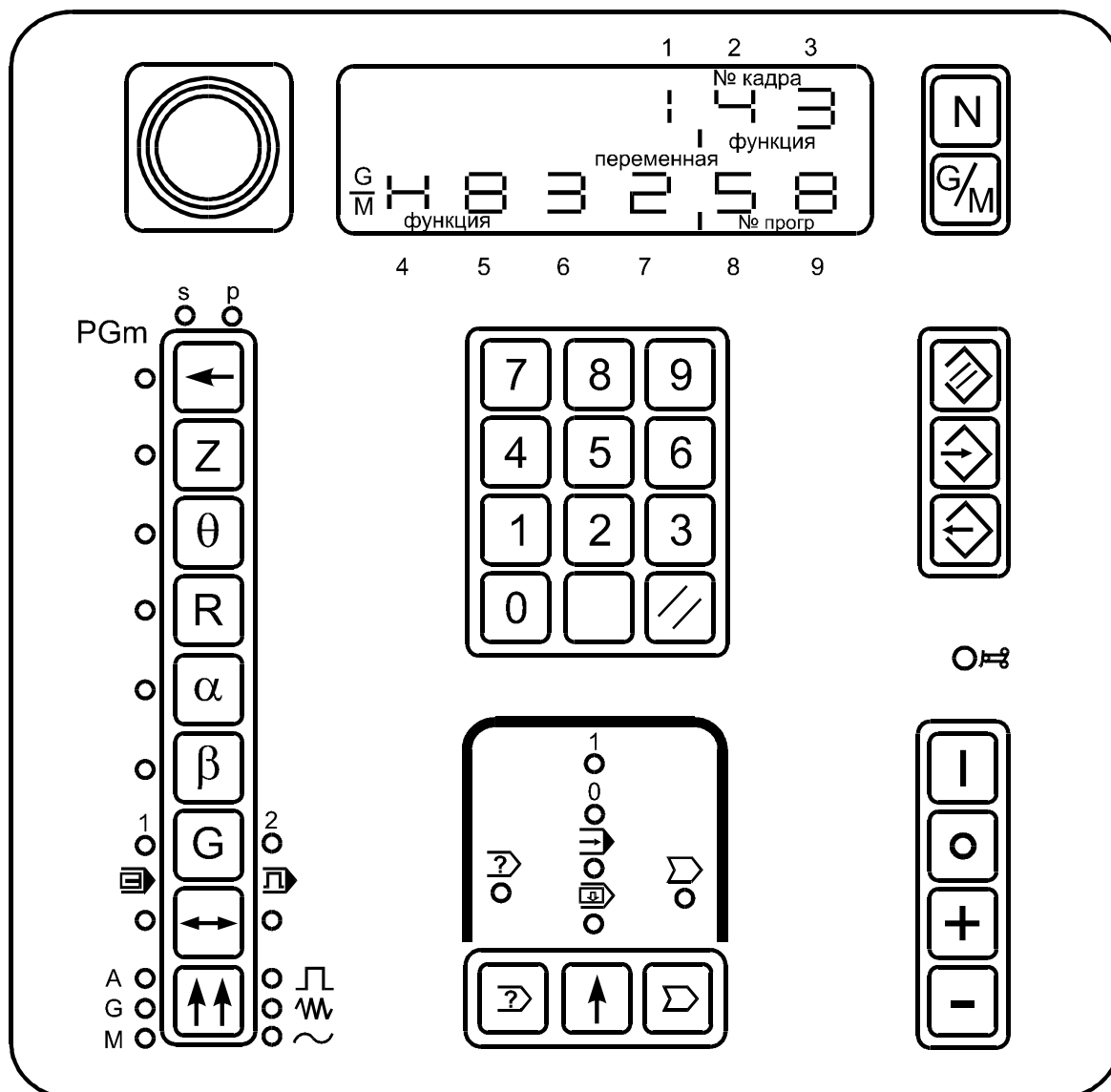



















Рисунок 5.4 – Пульт навчання промислового робота M20P.40.01

Таблиця 5.2 – Функції клавіш пульта навчання

Клавіша	Функція
	Стирання останнього введеного символу
	Вибір номера кадру або параметра
	Вибір G-функції або M-функції








Продовження таблиці 5.2

Клавiша	Функція
	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)
	Вибір осі $\alpha$ (рух хвата за або проти годинникової стрілки)
	Вибір осі $\beta$ (рух хвата вліво або вправо)
	Вибір хвата



Закінчення таблиці 5.2

Клавiша	Функція
	Покрокове або автоматичне виконання програми
	Вибір підрежиму при ручному русі або інтерпретації програми
	Вибір режиму “Дiагностика”
	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.

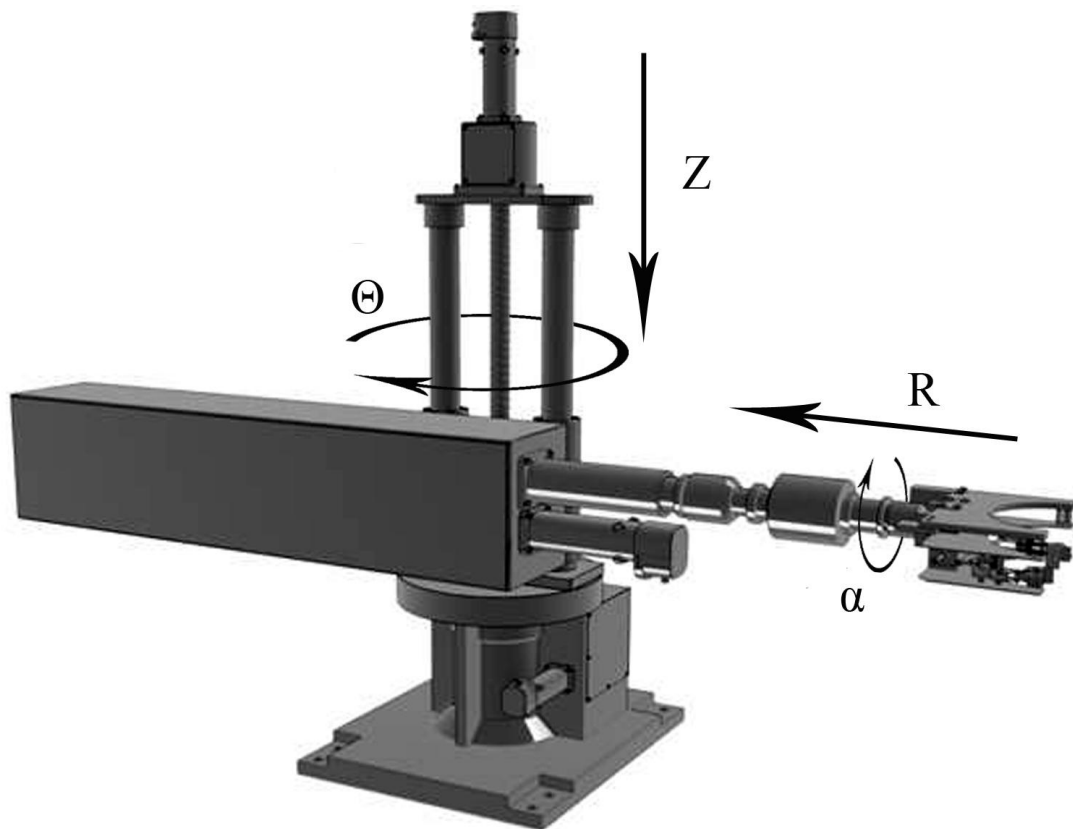







Рисунок 5.5 – Координатні осі ПР М20П.40.01

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 перенайменування 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, B, 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 роботу 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”.

### 5.3. Контрольні запитання

1. Перелічить основні команди, що подають з пульту навчання промислового робота M10П.62.01 з ПЧПУ «Контур-1».
2. Які дії необхідно виконати для виходу промислового робота M10П.62.01 з ПЧПУ «Контур-1» в нульову точку?
3. Як здійснюється введення програми переміщень промислового робота M10П.62.01 з ПЧПУ «Контур-1»?
4. Яка процедура запуску промислового робота M10П.62.01 з ПЧПУ «Контур-1» у режимі відпрацювання програми?
5. Перелічить функції клавіш пульту навчання промислового робота M20П.40.01 з ПЧПУ «Ізот».
6. Як здійснюється введення управляючої програми промислового робота M20П.40.01 з ПЧПУ «Ізот»?
7. Як здійснюється відпрацювання управляючої програми промислового робота M20П.40.01 з ПЧПУ «Ізот»?

## Список літератури

1. Якимов О.В., Гусарєв В.С., Якимов О.О., Линчевський П.А. Технологія 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.

## ЗМІСТ

Вступ .....	3
1. Програмування верстатів з ЧПУ та промислових роботів.....	4
1.1. Класифікація систем програмного управління.....	4
1.2. Кодування інформації управляючих програм.....	6
1.3. Програмування УП для верстата моделі 16К20Т1 з системою ЧПУ «Електроніка НЦ-31».....	22
1.4. Програмування УП для верстата моделі 16К20Ф3С32 з системою ЧПУ «2Р22».....	36
1.5. Програмування УП для верстата моделі ТПК-125ВН2 з системою ЧПУ «Н22-1МТ1».....	49
1.6. Програмування промислового робота М10П.62.01 з пристроєм ЧПУ «Контур-1».....	60
1.7. Програмування промислового робота М20П.40.01 (РБ241Б) з пристроєм ЧПУ «Ізот».....	71
1.8. Контрольні запитання.....	77
2. Призначення та технічні характеристики верстатів з ЧПУ та РТК....	79
2.1. Призначення та технічні характеристики верстата мод. 16К20Т1	79
2.2. Технічні дані та характеристики РТК.....	81
2.3. Призначення та основні технічні характеристики верстата мод. ТПК-125ВН2.....	84
2.4. Контрольні запитання.....	87
3. Порядок розробки управляючої програми для верстата моделі 16К20Т1.....	88
3.1. Розрахунок точок контуру деталі.....	88
3.2. Вибір різального інструмента.....	91
3.3. Розрахунок проміжних розмірів та розмірів заготовки, що виготовлена штампуванням.....	93
3.4. Розрахунок режимів різання.....	106
3.5. Побудова траєкторії переміщення різального інструмента, розрахунок основного та машинно-допоміжного часу.....	110
3.6. Розрахунок штучного часу.....	118
3.7. Розробка управляючої програми.....	120
3.8. Контрольні запитання.....	121

4. Управління верстатами з ЧПУ .....	123
4.1. Управління верстатом моделі 16К20Т1 з ПЧПУ «Електроніка НЦ-31».....	123
4.2. Управління верстатом моделі 16К20Ф3С32 з ПЧПУ «2Р22».....	130
4.3. Управління верстатом моделі ТПК-125ВН2 з ПЧПУ «Н22-1МТ1».....	139
4.4. Контрольні запитання.....	145
5. Управління промисловими роботами.....	145
5.1. Управління промисловим роботом М10П.62.01 з ПЧПУ «Контур-1».....	146
5.2. Управління промисловим роботом М20П.40.01 з ПЧПУ «Ізот»	151
5.3. Контрольні запитання.....	156
Список літератури .....	157



Навчальне видання

ДОЛЯ Віктор Миколайович

ПРОГРАМУВАННЯ РОБОТИЗОВАНИХ  
ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

Навчальний посібник

для студентів спеціальності «Прикладна механіка»  
денної та дистанційної форм навчання

Відповідальний за випуск Л. І. Пупань

Роботу до видання рекомендував О. М. Шелковий

В авторській редакції

План 2020 р., поз.55

Підп. до друку 07.09.2020 р. Гарнітура Таймс.

Видавничий центр НТУ «ХП», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002  
Свідоцтво про державну реєстрацію № 5478 від 21.08.2017 р.

---

Самостійне електронне видання