

**Міністерство освіти і науки України  
Донбаська державна машинобудівна академія**

**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ  
ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ ТА СКЛАДАННЯ  
МАШИН**

**Методичні вказівки до лабораторних робіт  
студентів спеціальності 7.090202  
денної і заочної форм навчання  
(модуль 3)**

**Краматорськ 2008**

Міністерство освіти і науки України  
Донбаська державна машинобудівна академія

# ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ ТА СКЛАДАННЯ МАШИН

Методичні вказівки до лабораторних робіт  
студентами спеціальності 7.090202  
денної і заочної форм навчання  
(модуль 3)

Перезатверджено  
на засіданні вченої ради факультету  
техніки та менеджменту  
протокол № 6-02/12 від 27.02.2012

Затверджено  
на засіданні методичної ради ДДМА  
протокол № 1 від 18.09.2008

Краматорськ 2008

Теоретичні основи технології виробництва деталей і складання машин: Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни студентами спеціальності 7.090202 денної і заочної форм навчання (модуль 3). /укл.: С.В. Ковалевський, С.Г. Онищук, А.Г. Косенко, Ю.Б. Борисенко, Ф.А. Фоменко. – Краматорськ: ДДМА, 2008. – 64 с.

Містять лабораторні роботи, які охоплюють питання програмування верстатів з ЧПК. У кожній лабораторній роботі містяться теоретичні відомості по виконанню роботи, індивідуальне завдання і зміст звіту.

Укладачі:

КОВАЛЕВСЬКИЙ С.В., проф.,  
ОНИЩУК С.Г., доц.,  
КОСЕНКО А.Г., доц.,  
БОРИСЕНКО Ю.Б., ст. викл.,  
ФОМЕНКО Ф.А., асист.

Відповідальний за випуск

КОВАЛЕВСЬКИЙ С.В., проф.

Редактор	І.І.Дьякова
Комп'ютерна верстка	О.П. Ордіна

/2008. Підп. до друку . Формат 60 x 84/16.  
Папір офсетний. Ум. друк. арк. . Обл.-вид. арк. .  
Тираж 30 прим. Зам. №

Видавець і виготівник  
«Донбаська державна машинобудівна академія»  
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру  
серія ДК №1633 від 24.12.03.

## Зміст

Вступ	4
Лабораторна робота 1. Програмування і налагодження токарно-гвинторізного верстата з ЧПК	4
Лабораторна робота 2. Програмування і налагодження вертикально-свердлувального верстата з ЧПК	30
Лабораторна робота 3. Програмування і налагодження вертикально-фрезерного верстата з ЧПК	40
Література	50
Додаток А. Рекомендований діаметр свердел для отворів під нарізування різьби (по рекомендованому додатку до ГОСТ 19257-73)	51
Додаток Б. Варіанти завдань для програмування токарно-гвинторізного верстата з ЧПК.	52
Додаток В. Варіанти завдань для програмування вертикально-свердлильного верстата з ЧПК.	57
Додаток Г. Варіанти завдань для програмування вертикально-фрезерного верстата з ЧПК.	62

## ВСТУП

Найбільш ефективним засобом підвищення продуктивності праці, техніко-економічної ефективності і автоматизації малосерійного виробництва є використання верстатів з ЧПК.

Вся інформація про переміщення робочих органів верстата, регулюванні швидкості їх руху, команди на зміну напрямку руху, зміну інструмента вводиться в верстат в вигляді керуючої програми.

В методичних вказівках розглянуті особливості підготовки керуючих програм для токарних, свердильних та фрезерних верстатів з ЧПК.

### **Лабораторна робота 1 Програмування і налагодження токарно-гвинторізного верстата з ЧПК**

**Мета роботи** - придбання навичок проектування технологічних процесів і створення програм для обробки деталей на токарних верстах, оснащених оперативними системами ЧПК.

### **Теоретичні відомості**

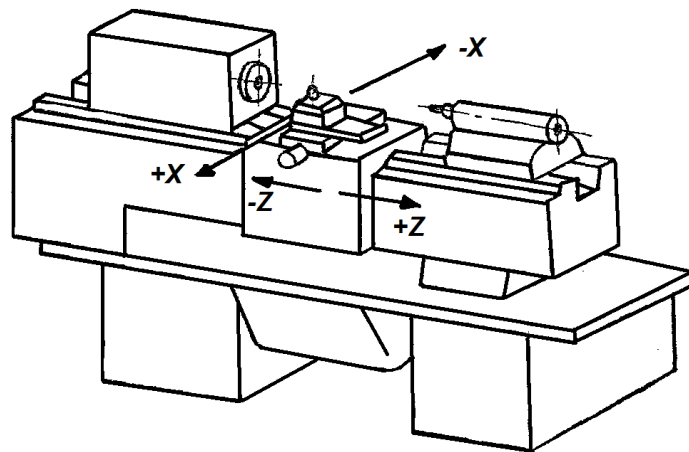
Токарні верстати мод.16A20ФЗРМ139 призначені для токарної обробки в замкнутому напівавтоматичному циклі деталей типу тіл обертання із ступінчастим і криволінійним профілем. На них виконують зовнішнє і внутрішнє точіння, свердлення, зенкування, розвертання, цекування, нарізування зовнішніх різьб різцями і плашками, а також внутрішніх різьб різцями і мітчиками.

Для токарних верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) характерне контурне (безперервне) керування, при якому для отримання необхідного контуру обробки робочі органи верстата переміщуються по заданій траєкторії із заданою швидкістю.

Для токарного верстата мод.16A20ФЗРМ139 з ОСК НЦ-31 прийняті дві осі координат. Вісь Z співпадає з віссю шпинделя, тобто напрямом поздовжньої подачі супорта, вісь X перпендикулярна до осі Z. Вона знаходиться в горизонтальній площині і співпадає з напрямом поперечної подачі супорта (рисунок 1). Напрями по осі Z до задньої бабки із знаком «+», до передньої бабки – із знаком «-», по осі X від деталі із знаком «+», до деталі – із знаком «-».

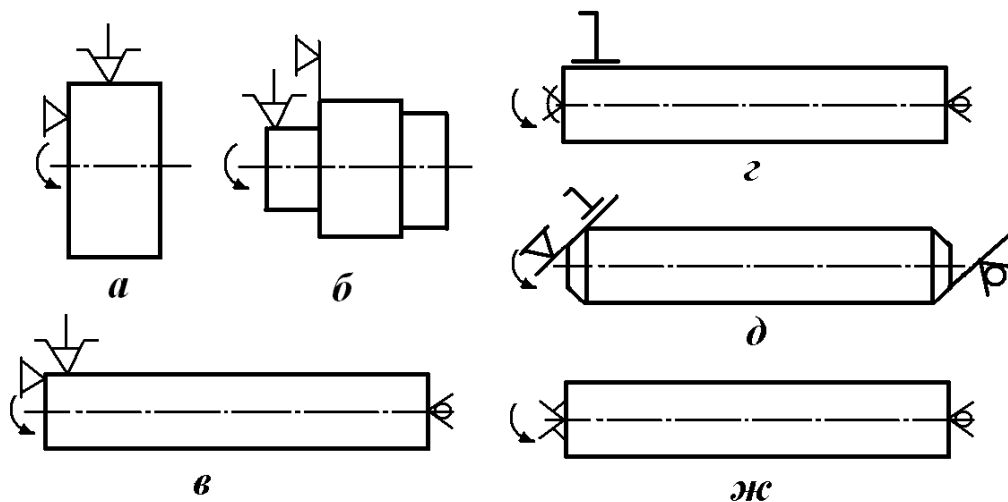
**Розробка керуючих програм і технологічної документації.** Процес розробки керуючої програми (програмування) для токарного верстата з ЧПК складається з декількох етапів. Операцію розділяють на установи і позиції, вибирають бази і спосіб закріплення заготовки. Розробляють операційну технологію, визначають технологічне оснащення, намічають схеми траєкторії вершини інструменту, розраховують режими різання, розро-

бляють операційні карти (ОК). У операційних картах указують переходи, вживане оснащення і режими різання (ГОСТ 3.1404-86).



*Рисунок 1 – Осі координат токарного верстата з ЧПК*

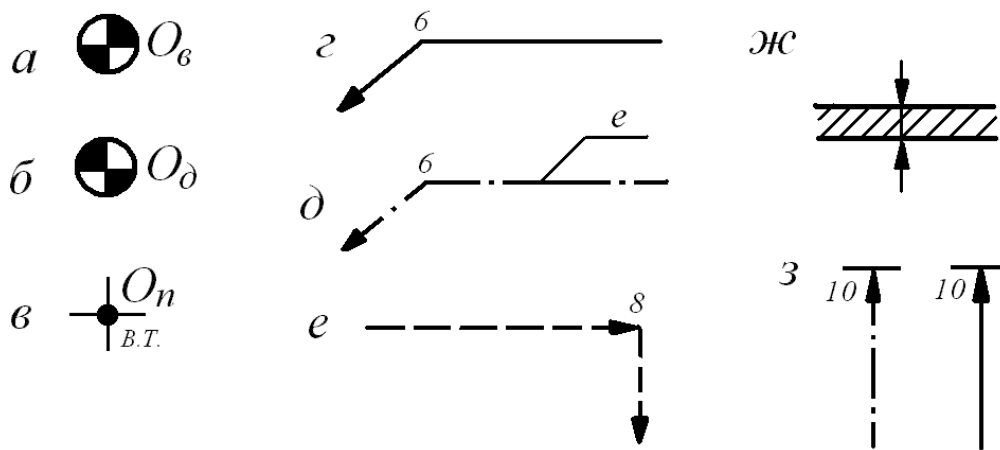
Визначають системи координат деталі, розраховують карти ескізів (КЕ). На карті ескізів приводять перероблене креслення деталі із завданням розмірів від однієї бази і позначенням баз і затисків по ГОСТ 3.1107-81 (рисунок 2), побудови для розрахунку координат опорних точок, необхідні розрахунки для визначення їх координат, схеми траєкторій (циклограми) руху всіх інструментів.



*а – патрон; б – патрон з пневматичним приводом; в – патрон і задній центр, що обертається; г – повідковий патрон (або хомутик), передній плаваючий центр і задній центр, що обертається; д – передній поводок тертя «чарка» і задній зворотний центр, що обертається; ж – передній повідець «йорж» і задній центр, що обертається*

*Рисунок 2 – Умовне позначення баз і затисків*

Рекомендовані умовні позначення елементів циклограм приведені на рисунку 3.



*а – нуль верстата; б – нуль деталі; в – нуль програми (вихідна точка);  
 з – траєкторія РО, співпадаюча з контуром деталі; д – еквідистанта;  
 е – траєкторія холостого ходу; жс – припуск; з – витримка часу*

*Рисунок 3 – Умовне позначення на карті ескізів елементів циклограм*

В поясненнях до циклограм і до керуючих програм доцільно використовувати наступну умовну термінологію для допоміжних ходів: рух до деталі по осі Х – підведення; рух від деталі по осі Х – відведення; рух від деталі по осі Z (або Z і X) – підхід; рух від деталі по осі Z (або Z і X) – відхід. Потім складають карти координат опорних точок траєкторії руху робочого органу. Після цього складають рукопис керуючої програми на бланку або покадровим текстом. За допомогою клавіатури пульта НЦ-31 вводять програму до пам'яті ЕОМ верстата або переносять на касету. На наступному етапі перевіряють на верстаті програму, вносять необхідні корективи.

**Різці.** До основних вимог, що пред'являються до різців для верстатів з ЧПК, відносять наступні: забезпечення високої зносостійкості; універсальність, тобто можливість одним інструментом виконати велику кількість переходів; швидкозмінність і стабільність положення робочих вершин і ріжучих кромek. Цим положенням відповідають різці, у яких ріжуча пластина закріплюється механічно на державці.

Для токарних верстатів з ЧПК поставляють комплект різцевих вставок з механічним кріпленням непереточуваних твердосплавних багатогранних пластин. Корпус вставки забезпечений установочними гвинтами, за допомогою яких різці можна налаштовувати на певні вильоти по осях Х і Z. У комплект різцевих вставок, що поставляються разом з верстатами (ТУ-2-045-588-77), входять прохідні відігнуті з пластиною квадратної форми, прохідні упорні з пластиною тригранної форми, контурні з паралелограмними пластинами і прорізні з призматичними пластинами.

Прохідні відігнуті різцеві вставки з пластиною квадратної форми і кутом  $\varphi=45^\circ$  (рисунок 4, а) призначені для зовнішнього обточування, підрізування торців деталей, зняття фасок. Найбільше застосування вони знаходять при обробці фланцевих деталей в патронах. Прохідні упорні різцеві вставки з пластиною тригранної форми з кутом  $\varphi=92^\circ$  (рисунок 4, б) використовують для зовнішнього обточування, підрізування торців і уступів. Найбільше застосування вони знаходять при обробці ступінчастих валів. Контурні різцеві вставки з паралелограмними пластинами з кутом  $\varphi=63^\circ$  (рисунок 4, в) дозволяють обточувати деталі по циліндру, проточувати зворотний конус з кутом  $30^\circ$ , обробляти поверхні радіусів і галтелі, підрізати торці, виточувати зарізьбову канавку або канавку під вихід шліфувального круга.

Контурні різцеві вставки з паралелограмними пластинами ( $\varphi=93^\circ$ ) призначені для обробки півсферичних і конічних поверхонь з кутом  $57^\circ$  (рисунок 4, г). Прорізні різцеві вставки з призматичними пластинами застосовують для обробки канавок (рисунок 4, д). Ріжуча пластина в них притискається прихватом зверху. Її ширина досягає 3-6,5 мм.

Для розточування отворів застосовують розточувальні різці різних конструкцій з механічним кріпленням багатограних пластин.

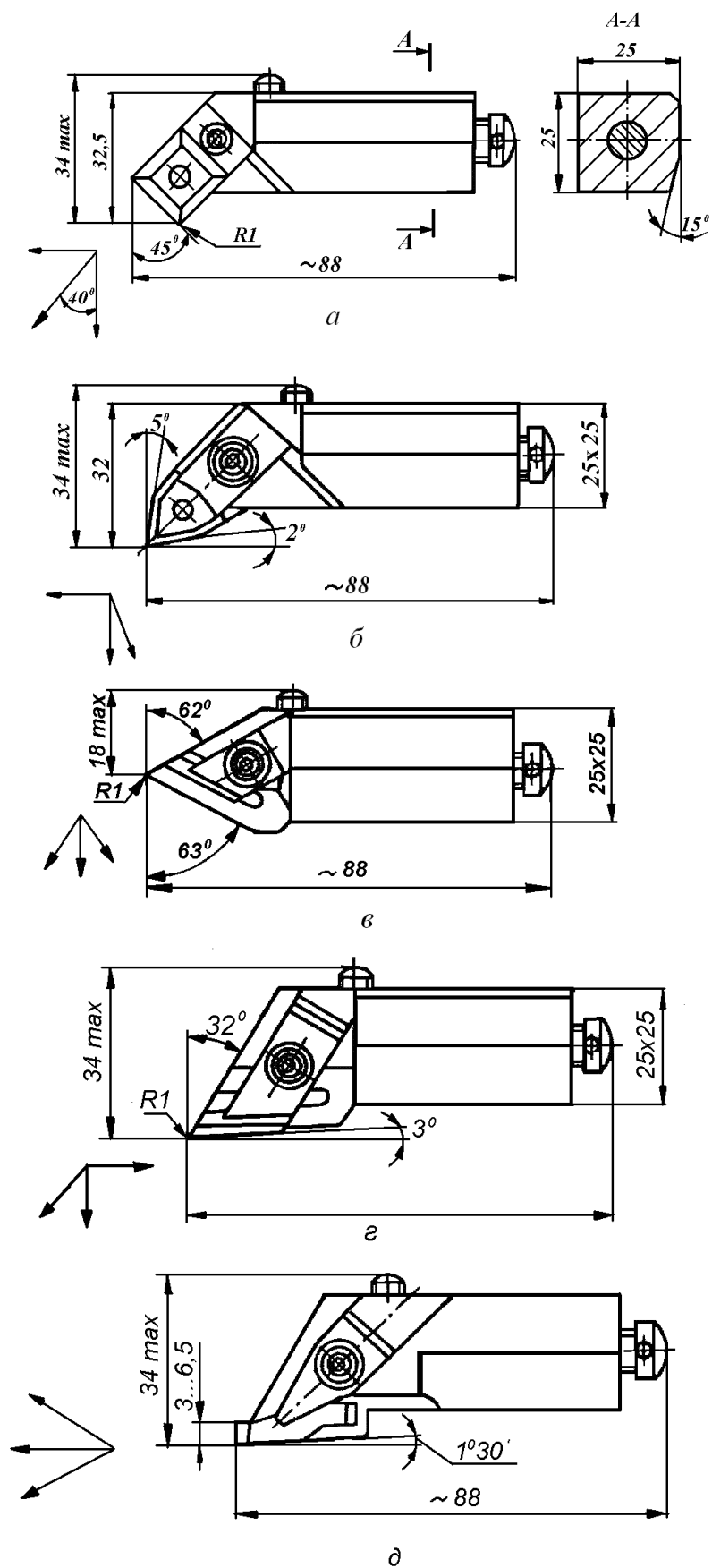
**Еквідистанта контура і система координат.** Деталі, що обробляються на верстаті з ОСК, можна розглядати як геометричні тіла, що складаються з простих геометричних фігур, наприклад, циліндра, конуса, сфери і ін. При обробці переміщення інструменту здійснюється відносно деталі (заготовки). Траєкторію руху РО, тобто траєкторію певної точки інструменту, звану центром, задають за допомогою УП.

У прохідного, розточувального і контурного різців центром інструменту служить вершина різця або центр закруглення при вершині (рисунок 5, а, б), у прорізного (канавочного) різця – ліва вершина (рисунок 5, в). Для свердла, зенкера, зенкера, цековки, мітчика центром інструменту є центр робочого торця (рисунок 5, г).

При контурній обробці центр інструменту повинен переміщатися по еквідистанті контуру деталі, тобто по геометричному місцю точок, рівновіддалених від якої-небудь лінії і лежачих по одну сторону від неї. Еквідистанти бувають зовнішні і внутрішні.

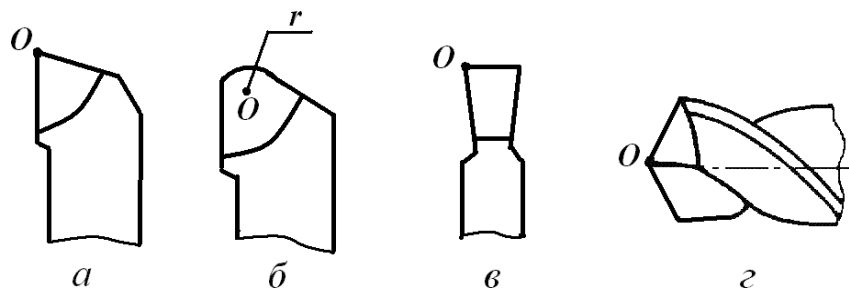
Окремі ділянки траєкторії руху центру інструменту (циклограми) можуть бути відрізками прямих, дуг кіл або інших кривих. На рисунку 6 показані траєкторії руху вершини різця для чорнової і чистової обробки валу.





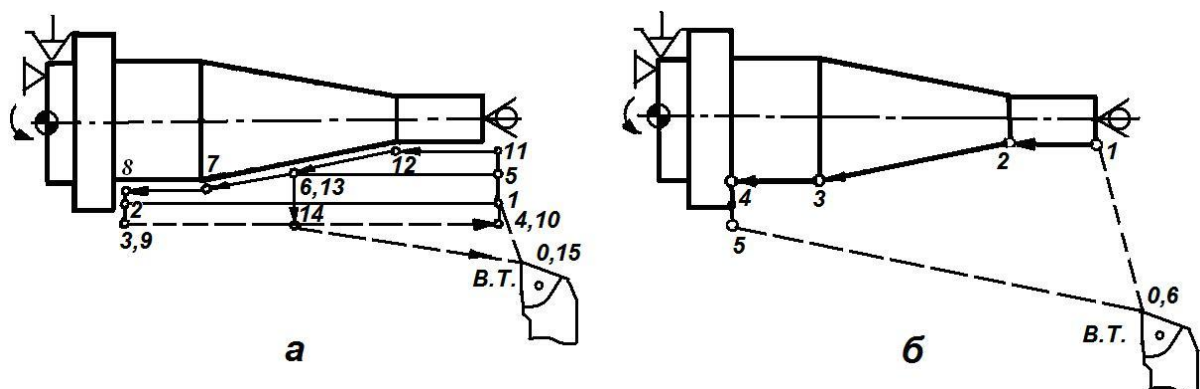
*а – прохідна ( $\phi=45^\circ$ ); б – упорна ( $\phi=92^\circ$ ); в – контурна ( $\phi=63^\circ$ ); г – контурна ( $\phi=93^\circ$ ); д – прорізна*

*Рисунок 4 – Різцеві вставки*



*а – різець з гострою вершиною; б – різець з заокругленою вершиною; в – прорізний різець; г - свердло*

*Рисунок 5 – Центри інструментів*



*а – чорнові робочі ходи; б – чистовий робочий хід*

*Рисунок 6 – Типові траєкторії вершини різця при токарній обробці деталі*

Положення опорних точок (переломних точок циклограми) визначається за допомогою системи координат. Для розробки прийнята стандартна прямокутна (декартова) система координат (ГОСТ 23597-79). У системі координат для токарних верстатів прийняті осі: Z – паралельна поздовжній подачі супорта, співпадає з віссю шпинделя верстата, X - паралельна поперечній подачі супорта.

Для токарних верстатів з ЧПК розрізняють систему координат верстата і систему координат деталі.

Початок координат верстата  $O_v$  знаходиться в центрі дзеркала кулачкового патрона, тобто в центрі перетину шпинделя перед посадочним конусом, що центрує планшайбу патрона (рисунок 7).

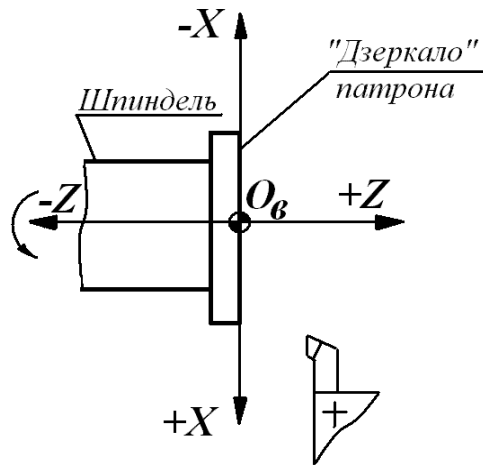


Рисунок 7 – Система координат токарного верстата з ЧПК

Початок системи координат деталі  $O_d$  знаходиться в центрі лівого або правого торця заготовки. Вісь  $Z$  цієї системи співпадає з віссю  $Z$  верстата, а вісь  $X$  проходить в площині базового торця пристосування (наприклад, торця планшайби або уступу кулачків) або в площині правого торця заготовки. Розміри відносно  $O_d$ , задані на кресленні деталі, перераховуються у відстані (координати) до опорних точок оброблюваного контуру.

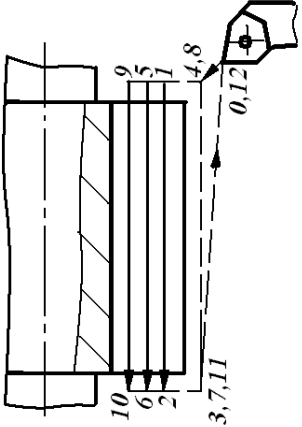
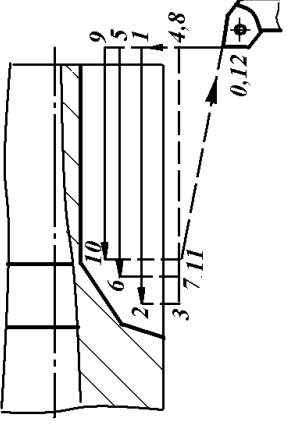
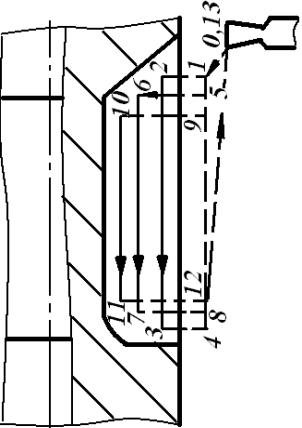
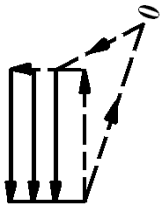
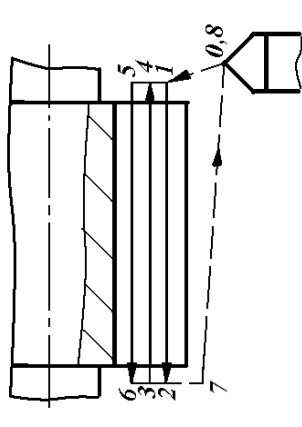
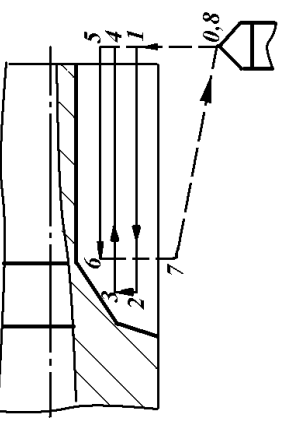
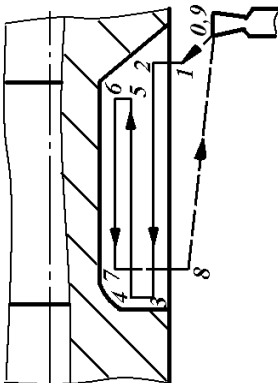
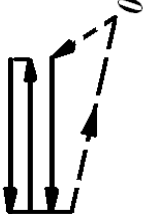
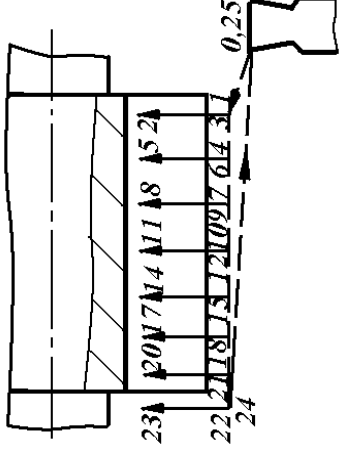
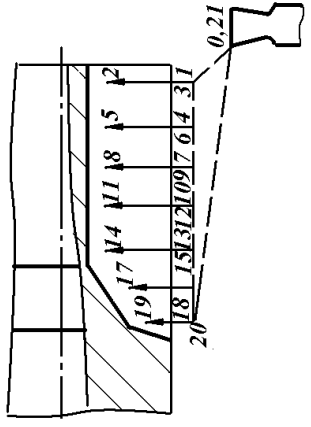
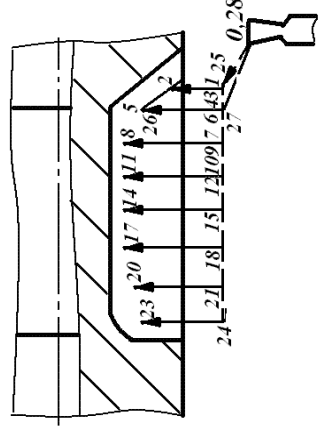
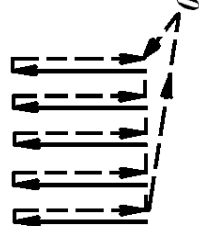
При наладці верстата проводиться «прив'язка» початкової точки програми  $O_n$ , яка співпадає з центром інструменту, до координатних систем верстата.

**Типові циклограми вершини різця.** Залежно від конфігурації розрізняють відкриті, напіввідкриті і закриті припуски. Для зрізання припуску застосовують типові циклограми вершини різця, такі як «петля», «зигзаг», «спуск» (таблиця 1).

Схему «петля» використовують при побудові траєкторії руху прохідних і інших різців, що працюють в одному напрямі. Схема «зигзаг» призначена для обробки в основному відкритих припусків двохкромковими і чашковими різцями, що допускають різання в прямому і зворотному напрямі. По схемі «спуск» виконують проточування прорізними різцями канавок і інших елементів поверхонь, недоступних для обробки прохідними різцями.

**Технологічні особливості обробки отворів.** Перед початком обробки отвору торець заготовки засвердлюється свердлом великого діаметру або центрується спеціально заточеним різцем. Спочатку слід проводити свердлення інструментом більшого діаметру, а потім меншого.

При свердленні отвору великої довжини (глибоке свердлення) інструмент слід періодично виводити з отвору з метою його випрямлення (зняття пружної деформації подовжнього вигину), охолодження і видалення стружки. На верстатах з ОПК це здійснюється по спеціальному автоматичному циклу (**G73**). При глибокому свердленні після виведення свердла з отвору перед повторним входом для видалення стружки і охолодження інструменту задається витримка часу. На виході свердла з протилежного боку деталі слід зменшити подачу в два рази з метою запобігання

Таблиця 1 – Типові циклограми вершини різця			
Види припуску			Схема циклограми
			"Пегля" 
			"Зигзаг" 
			"Стусок" 

поломці свердла через «стрибок» у момент «мертвого ходу» при вибірці зазору гвинтової пари.

В кінці робочого ходу зенкера, цеківки або зенківки для забезпечення правильної форми і невеликої шорсткості обробленої поверхні задають витримку часу.

**Технологічні особливості нарізування різьби.** Автоматизація циклу руху при нарізуванні різьби на токарному верстаті з ОПК дозволяє застосовувати твердосплавні різьбові різці з механічним кріпленням пластин.

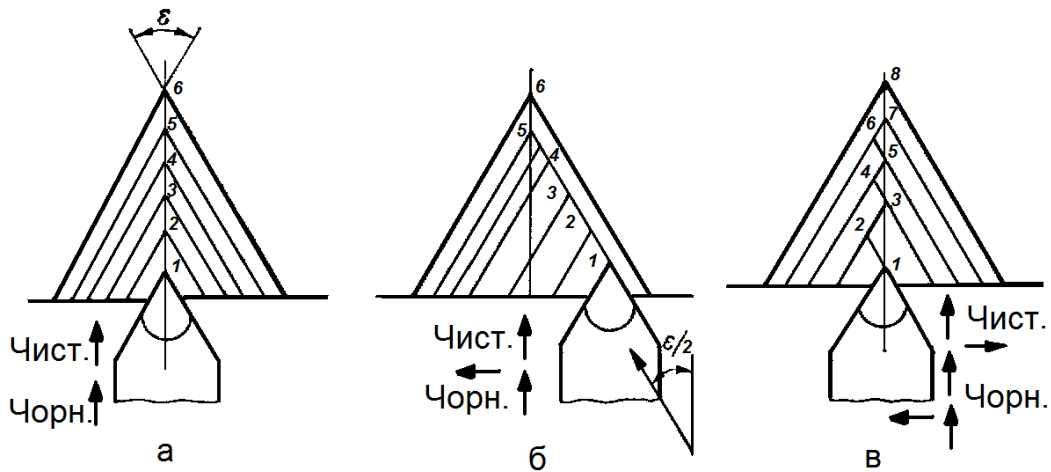
Число робочих ходів залежить від кроку різьби  $P$ , оброблюваного матеріалу, заданій шорсткості і приймається по довіднику. Наприклад, для нарізування різьби з кроком  $P = 3$  мм по сталі різцем, оснащеним твердим сплавом Т15К6, рекомендується три чорнових і два чистових робочих ходи, а для нарізування трапецеїдальної різьби з кроком  $P = 3$  мм — п'ять чорнових і три чистових робочих ходи.

Глибина різання для кожного робочого ходу вибирається з умови постійності навантаження на різець, тобто приблизної рівності сумарної площі зрізу для кожного робочого ходу. При чорнових робочих ходах глибина різання повинна бути такою, що прогресивно убуває в кожному робочому ході. Глибина останнього робочого ходу приймається в межах 0,1–0,2 мм. Щоб визначити глибину різання і відповідно координату вершини різця по осі  $X$  для кожного робочого ходу, необхідно знати висоту профілю різьби і розділити її на частини відповідно до прийнятої кількості робочих ходів. Висота профілю визначається по довіднику. Наприклад, для різьби з кроком  $P = 3$  мм робоча висота профілю  $h = 1,95$  мм. За відсутності довідкових таблиць висоту профілю можна визначити орієнтовно по залежності  $h = 0,65P$ . ЕОМ, вбудована у верстат мод.16А20ФЗРМ139, розраховує число робочих ходів і забезпечує необхідну глибину чистового робочого ходу.

Врізання різця для виконання різьби з кроком до 2,5 мм зазвичай проводиться перпендикулярно до осі різьби (рисунок 8, а). При роботі за цією схемою в процесі різання беруть участь одночасно обидві ріжучі кромки різця, в результаті утворюється жорстка стружка коритоподібної форми, що збільшує навантаження на різець. Для виконання різьби з кроком більше 2,5 мм врізання проводиться під кутом  $\varepsilon/2$  (рисунок 8, б).

В цьому випадку працює одна ріжуча кромка різця. Нарізування різьби по цій схемі дозволяє забезпечити хороші умови стружкоутворення, але приводить до нерівномірного зносу ріжучих кромок.

Для полегшення стружкоутворення і підвищення стійкості різця рекомендується нарізувати різьбу з розбиттям, тобто із зсувом в різні боки. В цьому випадку в роботі беруть участь поперемінно обидві ріжучі кромки (рисунок 8, в). Розбиття здійснюють шляхом поглиблення по осі  $X$  і одночасного зсуву по осі  $Z$  вершини різця перед кожним робочим ходом.



*а – перпендикулярно до осі деталі; б – під кутом; в – врозбивку*

*Рисунок 8 — Схеми врізання при нарізуванні різьби*

**Кодування керуючих програм.** Керуюча програма (КП) записується у вигляді послідовності кадрів, що є закінченими по сенсу фразами на мові кодування технологічної, геометричної і допоміжної інформації. У КП можуть бути виділені головні кадри, що характеризують початкову інформацію про умови обробки.

Складовою частиною кадру, що містить дані про параметр процесу обробки і інші дані по виконанню керування, є слово, а головною його частиною – адреса, що визначає призначення наступних за ним даних. Складовими частинами слова є символи: **N** – номер кадру; **X** – поперечний напрям; **Z** – поздовжній напрям; **P** – параметри верстата і циклів обробки; **S** – частота обертання шпинделя або швидкість різання; **T** – позиція інструментальної головки (**T1** – **T6**); **F** – подача або крок різьби; **G** – підготовча функція; **M** – допоміжна функція.

«Підготовча функція», яка визначає режим роботи пристроїв ЧПК, задається адресою **G** і двозначним числом (00–99). Значення підготовчих функцій для пристроїв ОПК НЦ-31 приведені в таблиці 2.

*Таблиця 2 – Значення підготовчих функцій*

Позначення	Значення
<b>G02</b>	Обробка дуги менш 90° (за годинниковою стрілкою)
<b>G03</b>	Обробка дуги менш 90° (проти годинникової стрілки)
<b>G04</b>	Витримка часу
<b>G12</b>	Обробка чверті кола за годинниковою стрілкою
<b>G13</b>	Обробка чверті кола проти годинникової стрілки
<b>G25</b>	Повторення частин програми обробки
<b>G31</b>	Багатопрохідний цикл резьбонарізання
<b>G32</b>	Однопрохідний цикл резьбонарізання
<b>G33</b>	Цикл нарізання різьби мітчиком або плашкою

Продовження таблиці 2

Позначення	Значення
<b>G70</b>	Однопрохідний цикл поздовжньої обробки
<b>G71</b>	Однопрохідний цикл поперечної обробки
<b>G73</b>	Цикл глибокого свердління
<b>G74</b>	Багатопохідний цикл проточування торцевих канавок
<b>G77</b>	Багатопохідний цикл поздовжньої обробки
<b>G78</b>	Багатопохідний цикл поперечної обробки
<b>G85</b>	Багатопохідний цикл проточування канавок на циліндричній поверхні
<b>G92</b>	Автоматичне зміщення нульової точки
<b>G96</b>	Завдання частоти обертання, $\text{хв}^{-1}$
<b>G97</b>	Функція завдання швидкості різання, $\text{м/хв}$

За адресою М («Допоміжна функція») задають команди виконавчим органам верстатів з ОПК. Значення допоміжних функцій приведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Значення допоміжних функцій

Позначення	Значення
<b>M00</b>	Останов КП
<b>M3</b>	Праве обертання шпинделя (проти годинникової стрілки)
<b>M4</b>	Ліве обертання шпинделя (за годинниковою стрілкою)
<b>M5</b>	Останов шпинделя
<b>M8</b>	Включення охолодження
<b>M9</b>	Виключення охолодження
<b>M30</b>	Кінець КП обробки
<b>M36</b>	Дзеркальна обробка програми по осі Z
<b>M38, M39, M40</b>	Діапазони частот обертання шпинделя

**Програмування швидкості головного руху і подачі.** Привод токарного верстата забезпечує безступінчатє регулювання частот обертання в межах діапазону. Діапазон задається наступними допоміжними функціями: перший діапазон ( $20\text{--}285 \text{ хв}^{-1}$ ) – **M38**; другий діапазон ( $60\text{--}830 \text{ хв}^{-1}$ ) – **M39**; третій діапазон ( $175\text{--}2500 \text{ хв}^{-1}$ ) – **M40**.

Швидкість головного руху задається функцією **S**. Частоту обертання шпинделя можна задавати за допомогою функції **G97** і числових значень частот обертання шпинделя. Наприклад, якщо необхідно задати частоту обертання шпинделя, рівну  $680 \text{ мін}^{-1}$ , то КП має наступний вигляд:

...**N8 M3** Ліве обертання шпинделя

**N9 M39** Другий діапазон частот обертання

**N10 G97** Режим завдання в  $\text{хв}^{-1}$

**N11 S680**  $n = 680 \text{ хв}^{-1}$ .

Режим **G97** встановлюється автоматично.

Швидкість шпинделя можна задавати також за допомогою функції **G96** в числових значеннях швидкості різання, що допускається ріжучими властивостями інструменту (у метрах в хвилину). Після функції **G96** в КП записують наступні кадри за допомогою функції **P**.

$P_1$  – обмеження максимальної частоти обертання шпинделя ( $n_{\text{макс}}$ );  $P_2$  – обмеження мінімальної частоти обертання шпинделя ( $n_{\text{мін}}$ ). Значення  $P_1$  і  $P_2$  зберігаються в пам'яті до повторного програмування функції **G96** з новими значеннями  $P_1$  і  $P_2$ .

Якщо після завдання швидкісного режиму в метрах в хвилину по функції **G96** потрібно перейти до завдання частоти обертання в  $\text{хв}^{-1}$ , то перед функцією **S** записують функцію **G97**.

Якщо необхідно проточити торець диска при переході з  $\varnothing 20$  на  $\varnothing 250$  мм із швидкістю різання  $V = 110 \text{ м/хв}$  різцем Т15К6, то для цього визначають

$$n_{\text{макс}} = 1000V / \pi D_{\text{мін}} = 1000 \cdot 110 / \pi \cdot 20 = 1750 \text{ хв}^{-1};$$

$$n_{\text{мін}} = 1000V / \pi D_{\text{макс}} = 1000 \cdot 110 / \pi \cdot 250 = 140 \text{ хв}^{-1}.$$

Запис фрагмента КП:

...**N10 M3**  
**N11 M40**  
**N12 G96**  
**N13 S110**  
**N14 P1750**  
**N15 P140...**

Якщо підрізування торця відбувається до центру деталі ( $D_{\text{мін}} = 0$ ), то  $n_{\text{макс}}$  приймається як  $n_{\text{макс}}$  даного діапазону. Наприклад, якщо  $D_{\text{макс}} = 300 \text{ мм}$ ,  $D_{\text{мін}} = 0$ ;  $V = 80 \text{ м/хв}$ , то  $n_{\text{мін}} = 1000 \cdot 80 / \pi \cdot 300 = 85 \text{ хв}^{-1}$ . Приймають 2-й діапазон частоти обертання шпинделя. У цьому діапазоні  $n_{\text{макс}} = 900 \text{ хв}^{-1}$ .

Запис фрагмента УП має наступний вигляд:

...**N18 M3**  
**N19 M39**  
**N20 G96**  
**N21 S80**  
**N22 P900**  
**N23 P85...**

Величину подачі встановлюють функцією **F**. Число після функції рівне величині подачі в міліметрах на оборот, помноженою на 100 (дискретність 0,01). Наприклад, подачу  $s = 0,3 \text{ мм/об}$  задають функцією **F30**; подачу  $s = 1,5 \text{ мм/об}$  задають функцією **F150**.



У випадках лінійної або кругової інтерполяції дискретність складає 0,0001. Тому величину подачі умножують на 10000, наприклад подачу  $s = 0,25$  мм/об задають функцією **F2500**.

**Програмування одноінструментальної обробки.** Інструментальна головка верстата 16A20Ф3PM139 може займати шість позицій. Поворот різцетримача для установки необхідного інструменту в робочій позиції здійснюється по функції **T** з однозначним числом. Наприклад, T1, T3, T6.

Лінійні переміщення програмують, як правило, в абсолютній системі, тобто указують координати кінцевої точки ділянки траєкторії з урахуванням дискретності 0,01. Наприклад, переміщення до крапки з координатами  $X = 40$  мм (на діаметр),  $Z = -50$  мм виконують по наступній програмі:

...**N6 X 4000**

**N7 Z -5000.**

Знак напрямку руху «+» не указується. Переміщення здійснюватиметься тільки за умови, що в одному з попередніх кадрів задана подача **F** (...**N4 F25**).

Переміщення на швидкому ході задають символом «~», який може стояти попереду або в кінці кадру.

Одночасний рух по двох координатах задають двома кадрами. В кінці першого кадру ставлять «\*».

При швидкому підході до точки рекомендується спочатку задавати координати  $Z$ , а потім –  $X$ . При відході – навпаки.

Для складання КП обробки ступінчастого валу із заготовки  $\varnothing 100$ ,  $L=140$  мм (рисунок 9) в абсолютній системі початкова точка приймається на довжині 190 мм і на діаметрі 150 мм (**X15000, Z19000**), тобто вона віддалена від заготовки на 50 мм по довжині і на 25 мм від зовнішньої поверхні. Це забезпечить безпеку при зміні заготівки. Циклограма руху вершини різця показана в нижній частині рисунка 9.

Запис КП:

<b>N0 T1</b>	Інструмент в позиції 1
<b>N1 M3</b>	Ліве обертання шпинделя
<b>N2 M40</b>	
<b>N3 S600</b>	$n = 600 \text{ мин}^{-1}$ (третій діапазон обертання)
<b>N4 F30</b>	$s = 0,3$ мм/об
<b>N5 Z14500~</b>	Підхід різця на швидкому ході в точку з координатами $Z = 145$ мм по довжині (тобто не доходячи до деталі на 5 мм), $X = 94$ мм (початкова точка робочої траєкторії)
<b>N6 X9400~</b>	
<b>N7 Z1800</b>	Переміщення на робочій подачі по осі $Z$
	Обточування третього ступеня валу ( $\varnothing 94$ )
<b>N8 X10400</b>	Відведення на робочій подачі від заготівки по осі $X$ до $\varnothing 104$ (доопрацювання уступу)
<b>N9 Z14100~</b>	Відхід на швидкому ході по осі $Z$ на 1 мм від торця заготівки

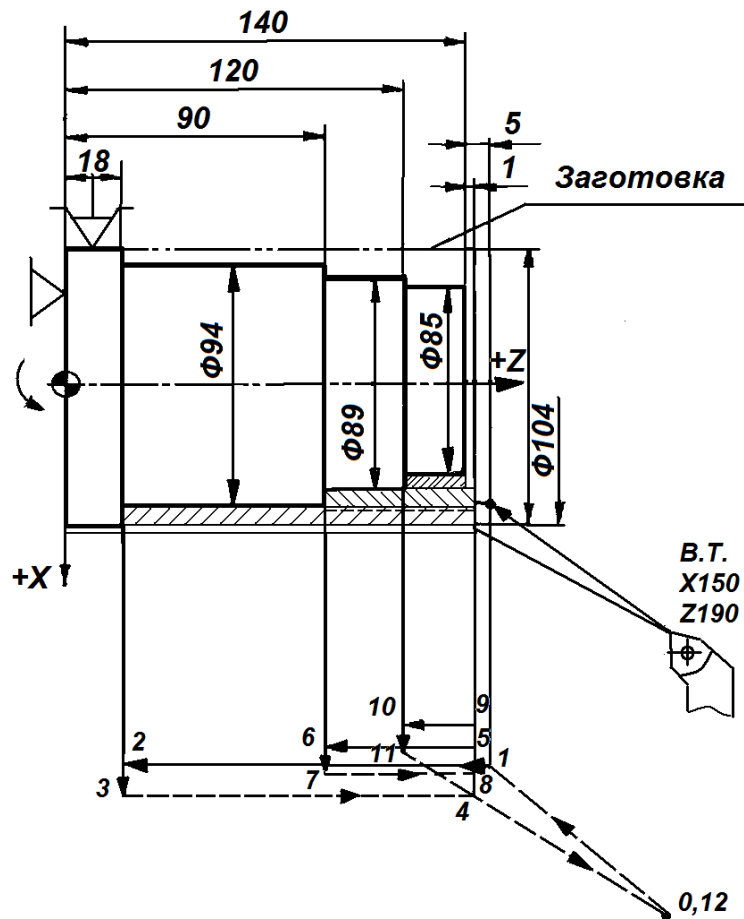


Рисунок 9 – Ескіз деталі, суміщений з схемою наладки, і циклограма для розробки КП в абсолютній системі

<b>N10 X8900</b>	Підведення до Ø 89 (другому ступеню валу)
<b>N11 Z9000</b>	Переміщення на робочій подачі по осі Z до координати 90 мм, обробка другого ступеня валу
<b>N12 X9500</b>	Відведення на робочій подачі від заготовки по осі X до Ø 95 мм
<b>N13 Z14100~</b>	Відхід на швидкому ході по осі Z (за 1 мм до заготовки)
<b>N14 X8500</b>	Підведення до Ø 85 (першого ступеню валу)
<b>N15 Z12000</b>	Переміщення на робочій подачі по осі Z до координати 120 мм, обробка третього ступеня валу
<b>N16 X9000</b>	Відхід на робочій подачі від заготовки по осі X до Ø 90 мм
<b>N17 X15000~</b>	Швидкий відхід в вихідну точку по осі X
<b>N18 Z19000~</b>	Швидкий відхід в вихідну точку по осі Z
<b>N19 M5</b>	Останов шпинделя
<b>N20 M30</b>	Кінець програми

**Програмування обробки конічних поверхонь.** Обробка конічних поверхонь здійснюється одночасним рухом різця по двох осях. Для цього

задають координати кінцевої точки конічної поверхні твірної, тобто діаметр по осі X і довжину по осі Z. Перший кадр записують із зірочкою.

Різець заздалегідь підводять за програмою до точки початку обробки конуса.

Запис КП для обробки конуса (рисунок 10) при  $s = 0,25$  мм/об,  $n = 600$  хв<sup>-1</sup> приведена нижче:

**N0 T1**

**N1 M3**

**N2 M40**

**N3 S600**

**N4 F25**

**N5 Z500~**

**N6 X4000**

**N7 Z0**

**N8 X5200\***

**N9 Z-3000**

**N10 X4000\***

**N11 Z-6000**

**N12 X4600**

**N13 X9000~**

**N14 Z 10000~**

**N15 M5**

**N16 M30**

початкова точка робочої траєкторії

або **Z-3000\*** Прямий конус  
**X5200**

або **Z-6000\*** Зворотний конус  
**X4000**

Швидкий відхід в вихідну точку по осі X

Швидкий відхід в вихідну точку по осі Z

Останов шпинделя

Кінець програми

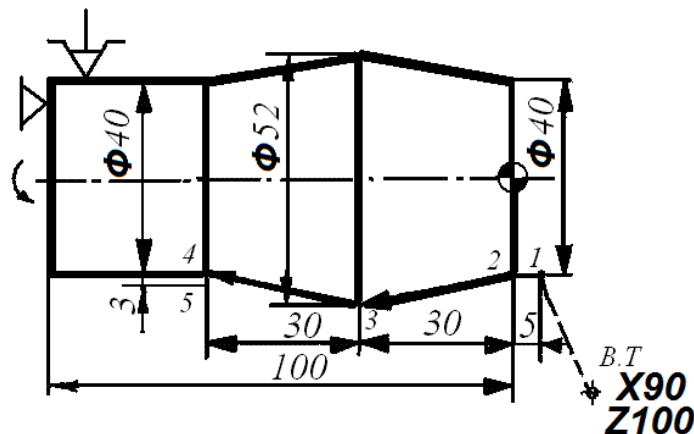


Рисунок 10 – Приклад програмування обробки конічних поверхонь

**Програмування зняття фасок під кутом 45°.** Для програмування зняття фаски під кутом 45° спочатку задають підведення різця за програмою до початкової точки фаски, а потім – координати кінцевої точки фаски і записують символи із знаком «+» 45° і із знаком «-» 45°. Знак задається по тій координаті, адреса якої відсутня в кадрі. Запис КП для зняття фасок 45° при роботі з подачею від осі X (рисунок 11) різцем 1 приведена нижче:

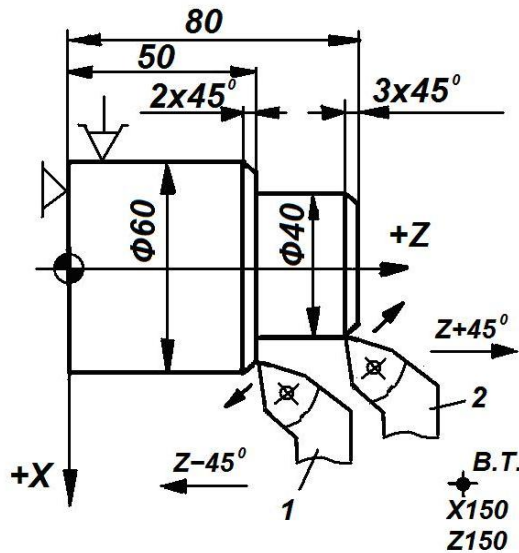


Рисунок 11 – Приклад програмування зняття фасок

**N0 T1**

**N1 M3**

**N2 M30**

**N3 S600**

**N4 F30**

**N5 Z5400~**

**N6 X5600~**

**N7 Z5000**

**N8 X6000 -45°**

(або **Z4800 +45°**)

**N9 X15000~**

**N10 Z15000~**

**N11 M5**

**N12 M30.**

При роботі різцем 2 з подачею до осі по X

...**N5 Z7700~**

**N6 X4200~**

**N7 X4000**

**N8 X3400 +45°** (або **Z8000 -45°**).

Фаски з кутом, не рівним 45°, програмують як конічні поверхні.

**Програмування нарізування різьби.** Нарізування різьби програмується за допомогою функції **G31**. Програма циклу нарізування різьби складається з наступних кадрів: **G31\***, **X\***, **Z\***, **F\***, **P<sub>1</sub>\***, **P<sub>2</sub>** (рисунок 12), де **G31** – функція різьбонарізування; **X** – номінальний діаметр різьби; **Z** – довжина різьби або координата кінцевої точки різьби; **F** – крок різьби, записується з дискретністю 0,0001; **P<sub>1</sub>** – повна глибина різьби на сторону (визначається по довіднику); **P<sub>2</sub>** – глибина першого робочого ходу на сторону (задається технологом або оператором).

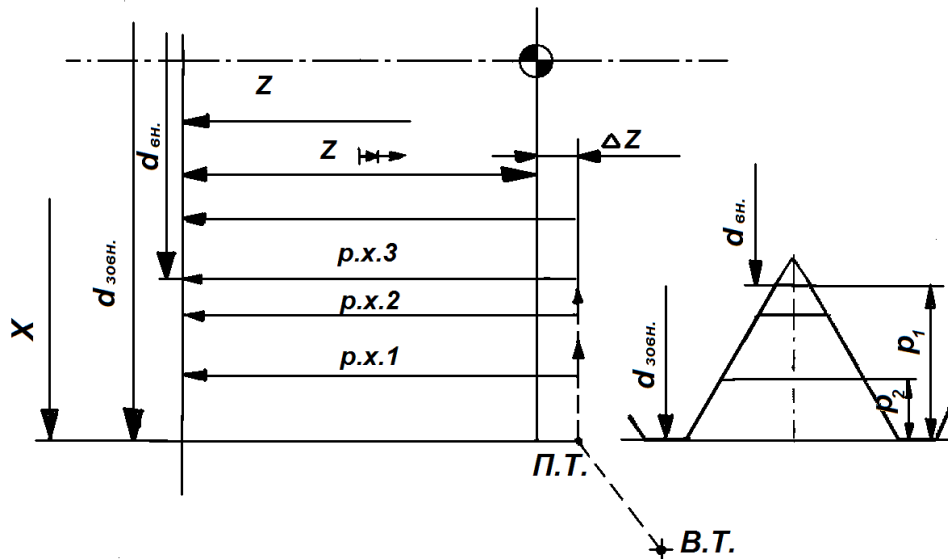


Рисунок 12 – Схема структури автоматичного циклу нарізання різьби (G31)

Нижче приводиться запис КП з початком системи координат в центрі правого торця для нарізування різьби M36x1,5 на деталі, показаній на рисунку 13.

<b>N0 T3</b>	Різьбовий різець в позиції 3
<b>N1 M3</b>	
<b>N2 M40</b>	
<b>N3 S500</b>	$n = 500 \text{ мин}^{-1}$ (третій діапазон обертання)
<b>N4 Z450~</b>	Швидкий підхід по осі Z до заготовки; величина повітряного зазору 4,5 мм
<b>N5 X3600~</b>	Те ж, по осі X
<b>N6 G31*</b>	Функція різьбонарізання або признак групи
<b>N7 X3600*</b>	Діаметр різьби
<b>N8 Z-4750*</b>	Координата кінцевої точки різьби по осі Z з урахуванням виходу в середину канавки ( $50 - 2,5 = 47,5$ мм)
<b>N9 F15000*</b>	Шлях проходу різця Крок різьби 1,5 мм
<b>N10 P96*</b>	Глибина канавки 0,96 мм
<b>N11 P40</b>	Глибина першого робочого ходу 0,4 мм
<b>N12 X10000 ~</b>	Швидкий відхід в вихідну точку по осі X
<b>N13 Z5000~</b>	Швидкий відхід в вихідну точку по осі Z
<b>N14 M5</b>	Останов шпинделя
<b>N15 M30</b>	Кінець програми

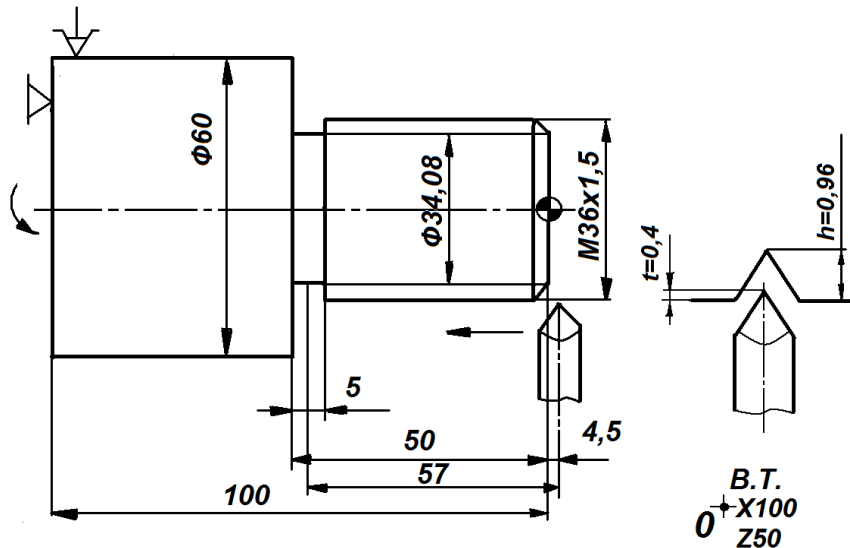


Рисунок 13 – Схема для ілюстрації нарізання різьби M36x1,5

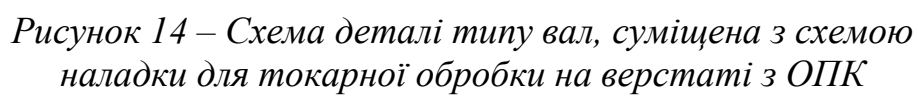
### Комплексний приклад розробки КП для обробки деталей типу вал на верстатах з ОПК

Необхідно обробити заготовку деталі (креслення представлено на рисунку 14). Матеріал – сталь 45,  $\sigma_b = 750$  МПа, заготовка – прокат  $\varnothing 70$  мм звичайної точності,  $L = 115$  мм. Припуск на підрізування торця – 3 мм. Заготовка кріпиться в трьохкулачковому самоцентруючому патроні з упором в уступ розточених кулачків на верстаті мод.16A20Ф3РМ139.

Зміст технологічної операції буде наступним: обточити поверхню  $\varnothing 24$ , конус з  $\varnothing 30$  на  $\varnothing 40$  і переходи радіусів попередньо із залишенням припуску на чистову обробку; підрізати торець попередньо в розмір 113 мм (для переходів 1 і 2 застосовується прохідний упорний різець з тригранною пластинкою Т15К6); підрізати торець остаточно в розмір 112 мм і точити фаску  $2 \times 45^\circ$  (для переходів 3 і 4 використовується контурний упорний різець з паралелограмною пластинкою Т15К6); точити поверхню  $\varnothing 24$ , конус з  $\varnothing 30$  на  $\varnothing 40$ ,  $\varnothing 40$  і переходи радіусів остаточно; проточити канавку шириною  $b = 3$  мм до  $\varnothing 22$  у розмір 80 мм від лівого торця (різець прорізний Т15К6,  $b = 3$  мм); нарізувати різьбу M24x1,5 на довжині 29 мм (різець різьбовий Т15К6). Далі визначаються режими різання за нормативами.

Всі технологічні дані зводяться в таблицю 4.

Далі будуються траєкторії (циклограми) руху всіх різців з урахуванням прийнятих глибин різання (рисунки 15, 16, 17, 18). Складається таблиця координат опорних точок по осях X і Z (таблиця 5).



Таблиця 4 – Технологічні дані для розробки КП									
Переходи	Цикли і робочі ходи	Різець	Позиція інструмента	Режими різання				Код	
				t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, хв <sup>-1</sup>	S	F
Точить попередньо, залишивши припуск 1 мм на сторону	Цикл 1 (G70). 3 Ø70 на Ø62 2. 3 Ø62 на Ø54 і Цикл 2 (G77). 3 Ø54 на Ø46 3. Ø48, Ø38, Ø42 4. Цикл 3 (G70). 3 Ø38 на Ø30 5. Цикл 4 (G40). 3 Ø30 на Ø26	Прохідний упорний (T15K6)	T1	4	0,54	83	372	M40 S372	F50
	2			0,3	98	1198	M40 S1198	F90	
Підрізати торець попередньо	Цикл 6 (G78)	Контурний (T15K6)	T2	1	0,2	132	600	M40 S600	F20
Підрізати торець остаточно (L = 112); точити фаску 2x45; точити верхню Ø24 остаточно, конус 40/30, Ø40, скруглення R6, торець до Ø80	-			3	0,2	132	600	M40 S600	F20
Проточити канавку b=3 мм до Ø22 в р-р 80 мм		Прорізний	T3	3	0,2	132	600	M40 S600	F20
Нарізати різьбу M24x1,5 на довжину 29 мм	Цикл (G31)	Різьбовий	T4	0,4	1,5	118	1563	M40 S1563	F15000



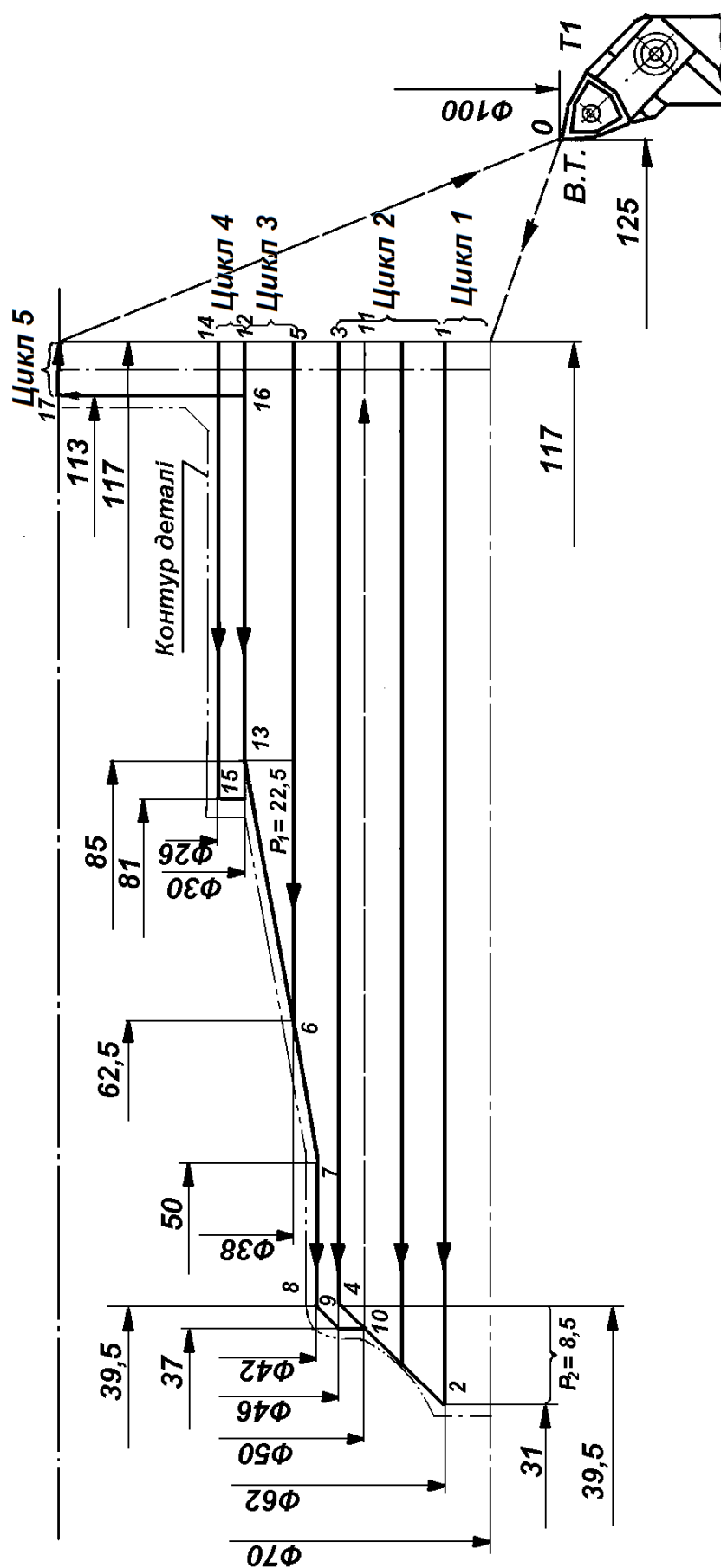


Рисунок 15 — Циклограма для чорнового прохідного упорного різця



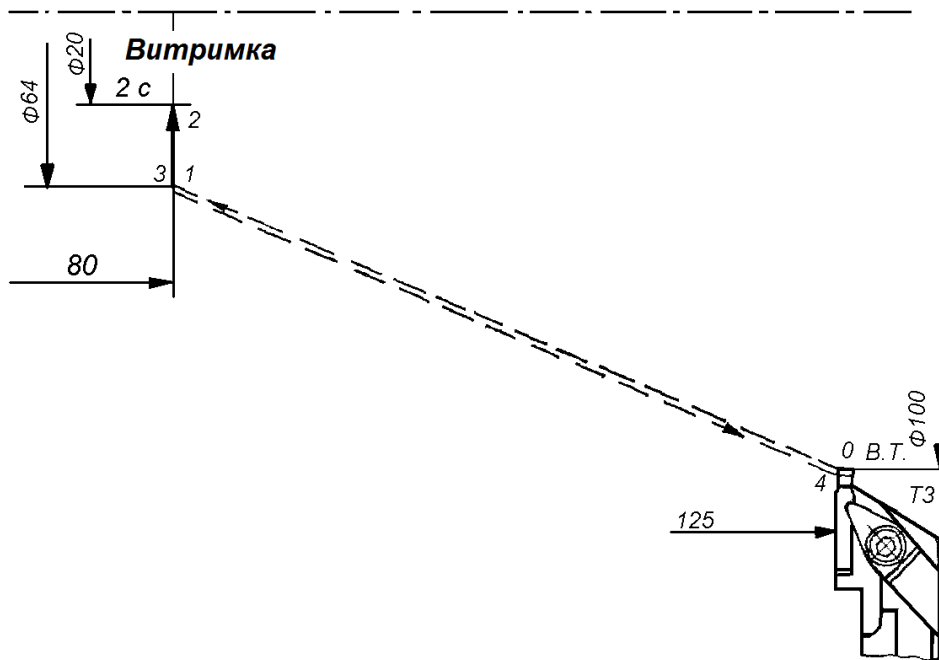


Рисунок 17 – Циклограма для канавочного різця

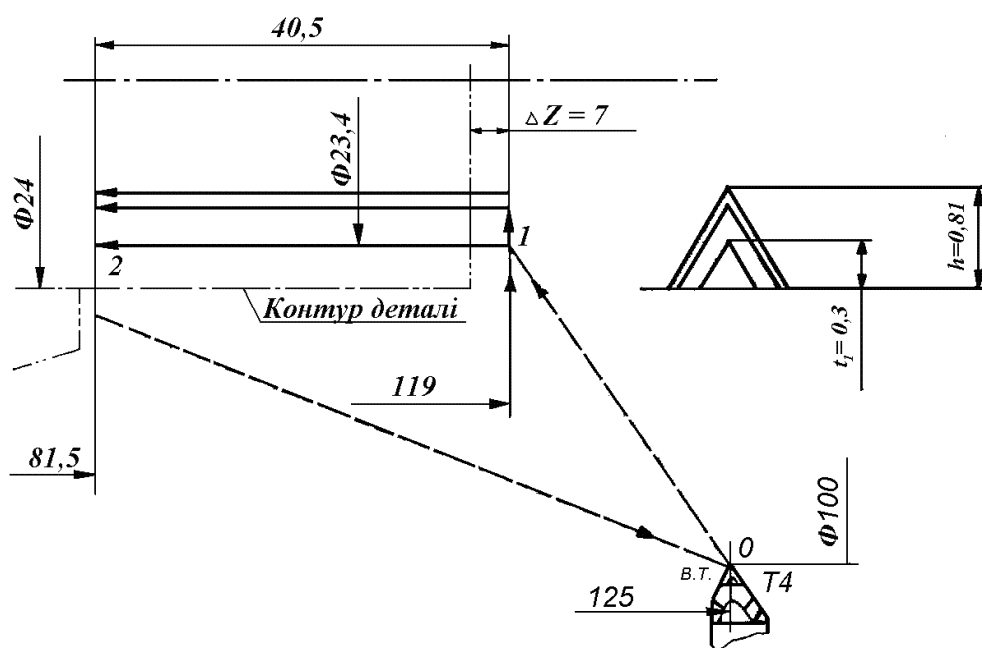


Рисунок 18 – Циклограма для різьбового різця  
з схемою розчленовування припуску на робочі ходи

Таблиця 5 – Координати опорних точок при обробці різними різцями

Точки	Координати		Точки	Координати		Точки	Координати	
	X	Z		X	Z		X	Z
Різець T1 (рисунок 15)			Різець T1 (рисунок 16)			Різець T1 (рисунок 17)		
0	100	125	0	-	-	0	100	125
1	62	117	1	0	114	1	64	80
2	62	31	2	0	112	2	20	80
3	46	117	3	28	112	3	64	80
4	46	39,5	4	28	114	4	100	125
5	38	117	5	16	114	Різець T1 (рисунок 18)		
6	38	62,5	6	24	110	0	100	125
7	42	50	7	24	80	1	23,4	119
8	42	39,5	8	30	80	2	23,4	81,5
9	46	37	9	40	50			
10	50	37	10	40	39			
11	50	117	11	46	36			
12	30	117	12	48	36			
13	30	85	13	60	30			
14	26	117	14	74	30			
15	26	81						

Програма обробки деталі представлена нижче:

**N0 T1**

Різець прохідний упорний (рисунок 15)

**N1 M3**

**N2 M40**

**N3 G96\***

$V_{\text{пост}} = 83 \text{ м/хв}$

**N4 S83\***

**N5 P100\***

**N6 P370\***

**N7 F50**

Подача  $s = 0,5 \text{ мм/об}$

**N8 M8**

Включення MOTC

**N9 Z11700~\***

Підхід в п.т.

**N10 X7000~**

**N11 G70\***

Однопрохідний поздовжній цикл

**N12 X6200\***

**N13 Z3100**

**N14 G77\***

Двухпрохідний поздовжній цикл зі скосом  $8,5 \text{ мм}$   $t = 4 \text{ мм}$

**N15 X4600\***

**N16 Z3100\***

**N17 P800\***

**N18 P850**

**N19 X3800**

Підвід до точки 5

<b>N20 Z6250</b>	
<b>N21 X4200*</b>	
<b>N22 Z5000</b>	Скіс 6-7
<b>N23 Z11700~</b>	
<b>N24 G70*</b>	Однопрохідний поздовжній цикл зі скосом 22,5 мм
<b>N25 X3000*</b>	$t = 4$ мм
<b>N26 Z6250*</b>	
<b>N27 P400*</b>	
<b>N28 P2250</b>	
<b>N29 G70*</b>	Однопрохідний поздовжній цикл
<b>N30 X2600*</b>	
<b>N31 Z8100</b>	
<b>N32 F30</b>	
<b>N33 G78*</b>	Двохпрохідний поперечний цикл $t = 2$ мм
<b>N34 X0*</b>	
<b>N35 Z11300*</b>	
<b>N36 P200</b>	
<b>N37 X10000~</b>	
<b>N38 Z12500~</b>	Відхід в в.т.
<b>N39 T2</b>	Різець контурний (рисунок 16)
<b>N40 M3</b>	
<b>N41 G96*</b>	$V_{\text{пост}} = 132$ м/хв
<b>N42 S132*</b>	
<b>N43 P2240*</b>	
<b>N44 P600</b>	
<b>N45 F20</b>	
<b>N46 Z11400~*</b>	Підхід в п.т.
<b>N47 X0</b>	
<b>N48 Z11200</b>	
<b>N49 X2800</b>	
<b>N50 Z11400~</b>	«Технологічна петля»
<b>N51 X1600~</b>	
<b>N52 X2400 -45°</b>	Фаска
<b>N53 Z8000</b>	
<b>N54 X3000</b>	
<b>N55 X4000*</b>	Скіс 8-9
<b>N56 Z5000</b>	
<b>N57 Z3900</b>	
<b>N58 G13*</b>	Галтель R3
<b>N59 X4600*</b>	
<b>N60 Z3600</b>	
<b>N61 X4200</b>	
<b>N62 G12*</b>	Округлення R6
<b>N63 X6000*</b>	
<b>N64 Z3000</b>	

N65 X7400	
N66 X10000~	
N67 Z12500~	Відхід в в.т.
N68 T3	Різець прорізний (рисунок 17)
N69 M3	
N70 M40	
N71 S600	$n = 600 \text{ хв}^{-1}$
N72 F20	$s = 0,2 \text{ мм/об}$
N73 Z8000~*	Підхід до п.т.
N74 X3400~	
N75 X2000	Проточування канавки
N76 G4*	Витримка 2 с
N77 P200	
N78 F80	
N79 X3400	
N80 X10000~	
N81 Z21500~	Відхід в в.т.
N82 T4	Різьбовий різець (рисунок 18)
N83 M3	
N84 M40	
N85 S1560	$n = 1560 \text{ хв}^{-1}$
N86 Z11900~*	
N87 X2400~	Підхід до п.т.
N88 G31*	Цикл нарізання різьби M24x1,5
N89 F15000*	$t = 0,3 \text{ мм}$
N90 X2400*	
N91 Z8150*	
N92 P81*	
N93 P30	
N94 X10000~*	
N95 Z12500~	Відхід в в.т.
N96 M9	Виключення МОТС
N97 M5	Виключення шпинделя
N98 M30	Кінець програми

### Обладнання, заготовки, інструменти

Обладнання:	токарно-гвинторізний верстат 16A20Ф3РМ139.
Інструменти:	різці прохідні, прорізні, різьбові, свердла, мітчики.
Заготовки:	прокат.

### Порядок виконання роботи

1 Накреслити ескіз деталі і вивчити її конструктивні особливості відповідно до індивідуального завдання (додаток Б).

- 2 Розробити операційну технологію, визначити послідовність переходів, вибрати технологічне оснащення.
- 3 Розрахувати режими різання.
- 4 Вибрати систему координат, встановити опорні точки, початкове і кінцеве положення інструменту і намітити схеми траєкторії інструменту.
- 5 Підготувати програму обробки деталі.
- 6 Відпрацювати програму на верстаті і внести корективи.
- 7 Обробити контрольну деталь, зміряти отримані розміри і порівняти із заданим індивідуальним завданням.
- 8 Підготувати звіт.

### **Зміст звіту**

- 1 Найменування, мета і короткий зміст роботи.
- 2 Креслення деталі в абсолютній системі з вказівкою координат опорних точок і траєкторії руху інструменту.
- 3 Розрахунок режимів різання.
- 4 Програма обробки деталі.

### **Перелік основних контрольних питань**

- 1 Особливості проектування технологічних процесів обробки деталей на верстатах з ЧПК.
- 2 Основні етапи розробки керуючих програм.
- 3 Кодування числової і буквенної інформації в системі НЦ-31.
- 4 Розрахунок траєкторії руху ріжучих інструментів
- 5 Зміст кадру програми.
- 6 Програмування постійної швидкості різання.
- 7 Допоміжні M функції.
- 8 Підготовчі G функції.

## **Лабораторна робота 2**

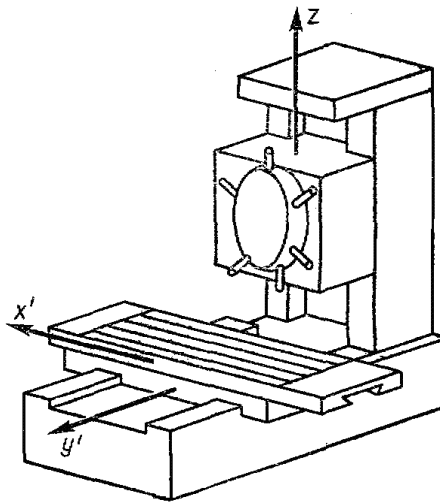
### **Програмування і налагодження вертикально-свердильного верстата з ЧПК**

**Мета роботи** - придбання навичок проектування технологічних процесів і складання програм для обробки деталей на свердильних верстатах, оснащених позиційними системами ЧПК з використанням системи DNC.

### **Теоретичні відомості**

Верстат 2P135Ф2 (рисунок 19) призначений для свердлення отворів в деталях із сталі, чавуну і неметалічних матеріалів. Він оснащений хрес-

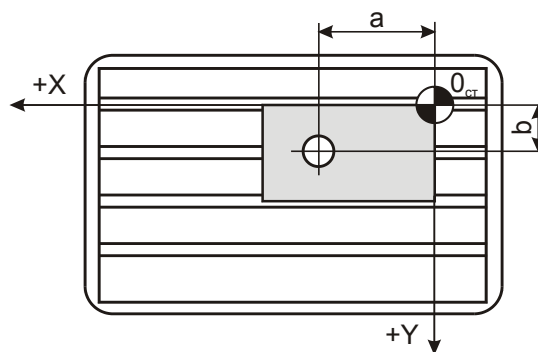
товим столом і шестипозиційною револьверною головкою для установки ріжучого інструменту.



*Рисунок 19 – Система координат вертикально-свердильного верстата*

У верстаті 2Р135Ф2 прийнята абсолютна система координат, при якій відлік координат всіх точок ведеться від нульової точки верстата, як показано на рисунку 20. Її положення на верстаті «плаваюче» і встановлюється по команді системи ЧПК. Доцільно нульову точку деталі і нульову точку верстата суміщати. При цьому для зручності програмування розміри деталі задаються від нульової точки деталі, як показано на рисунку 20.

Позиційне управління забезпечує переміщення інструменту і деталі щодо один одного по прямолінійній траєкторії в крапки, координати яких задаються програмою. Задані координати є кінцевими точками переходу. Переміщення можуть бути робочими, тобто такими, при яких ведеться обробка, і неодруженими настановними.



*Рисунок 20 – Розташування розмірів деталі відносно координат верстата*

Система ЧПУ «Координата С-70/3» забезпечує управління по двох координатах  $X$ ,  $Y$  з дискретністю 0,01 мм. Обробка проводиться при пере-



міщенні шпинделя по осі Z, при цьому задається параметр R. Стіл верстата переміщається по координатах X, Y (див. рисунок 20), а шпиндель з інструментом - по координатах Z, R. Одночасно можна управляти роботою по двох координатах.

Формат кадру, що містить технологічні команди, має наступний вигляд:

**N001 G81 F14 S09 T01 M08 L01,**

де **N001** – номер кадру;

**G81** – підготовча функція;

**F14** – код подачі;

**S09** – код обороту шпинделя;

**T01** – код зміни інструмента;

**M08** – допоміжна функція;

**L01** – корекція геометричних розмірів інструменту.

Формат кадру, що містить команди про переміщення столу, має вигляд

**N002X+009568Y+02530**

де **X+009568** – переміщення уздовж осі X в додатному напрямі на 95,68 мм;

**Y+02530** – переміщення уздовж осі Y в додатному напрямі на 25,3 мм.

Формат кадру, що містить команди про переміщення уздовж осей Z і R (переміщення уздовж осі Z до точки початку врізування інструменту в деталь – рисунок 21) має вигляд

**N003 G81 R+015000 Z+17250**

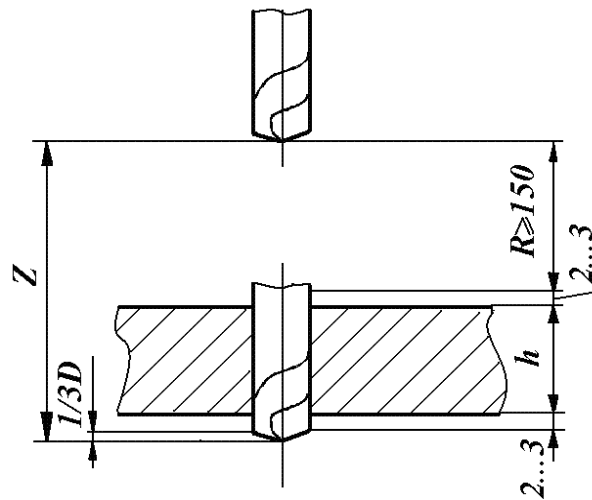


Рисунок 21 – Координаты Z и R

При цьому здійснюється підведення до кінця координати R в режимі, встановленому підготовчою функцією G (в даному випадку – свердління по постійному циклу свердління), переміщення до кінця координати Z, а потім вихід з деталі до початку координат Z і R.

Максимальна величина переміщення уздовж осі X, що допускається пристроєм, – 1999,9 мм, уздовж R – 0999,99 мм.

Команди, що несуть цифрову інформацію про переміщення уздовж осей Y і Z, записуються аналогічно, тільки значення переміщення уздовж цих осей, переведені в соті долі міліметра, доповнюються до п'яти цифр шляхом приписки нулів зліва. Максимальна величина переміщень дорівнює 999,99 мм.

*Приклад:*

Розміри на кресленні

X = 127,438

R = -90

Y = -67,11

Z = 8,349

Запис в керуючій програмі

**X +012744**

**R -009000**

**Y -06711**

**Z +00835**

Кодування режимів різання проводиться за допомогою кодів, наведених нижче.

**Програмування підготовчих функцій.** Функція G називається підготовчою. За цією командою записують інформацію, що містить дані про умову проведення обробки на встановленому переході (режим роботи системи ЧПК). У її формат входить адреса і данні. Режим роботи по циклах, що задається функцією G (наприклад, **G81...G86**), забезпечує зменшення трудомісткості програмування у разі повторення окремих переходів при обробці деталі, наприклад при свердлінні в ній групи однакових отворів. Без застосування функції G довелося б кілька разів (по числу отворів) повторити кадри, що програмують швидке підведення, робочу подачу, відведення. Нижче наведені окремі режими роботи, що задаються функцією G для верстатів, оснащених позиційними системами ЧПК.

**Функція G81** (управління по осі Z, свердління по постійному циклу) забезпечує швидке підведення робочого органу до координати R (до деталі), рух робочого органу на робочій подачі до координати Z (обробка деталі) і швидке відведення робочого органу до координати R (відведення від деталі).

**Функція G82** (управління по осі Z, підрізування торця по постійному циклу) забезпечує швидке підведення робочого органу до деталі, рух його на робочій подачі до координати Z (обробка деталі), затримку після відпрацювання координати Z і швидке відведення робочого органу до координати R (відведення з деталі).

**Функція G84** (управління по осі Z, різьбонарізання по постійному циклу) забезпечує швидке підведення робочого органу до координати R (до деталі), рух робочого органу на робочій подачі до координати Z (обробка деталі), реверс після відпрацювання координати Z і відведення робочого органу на робочій подачі до координати R (відведення з деталі).

**Функція G86** (управління по осі Z, розточування по постійному циклу) забезпечує швидке підведення робочого органу до координати R (до деталі), рух робочого органу на робочій подачі до координати Z (обробка деталі), зупинка обертання після відпрацювання координати Z і швидке відведення робочого органу до координати R (відведення з деталі).

**Функції G91, G92, G93, G94** відповідно відрізняються від функцій G81, G82, G84, G86 тим, що після підходу робочого органу до координати R (відведення з деталі) забезпечують подальше швидке відведення робочого органу до початку відліку координати R. Ці функції використовуються для відведення робочого органу у верхнє початкове положення, наприклад для повороту револьверної головки.

**Функція G62** використовується:

а) для організації постійного циклу: (управління по осі Z) швидке підведення робочого органу до координати R (до деталі), рух робочого органу на робочій подачі до координати Z (обробка деталі) і зупинка робочого органу після відпрацювання координати Z;

б) для програмування руху робочого органу по осі Z без постійних циклів (координата R без координати Z);

в) для організації глибокого свердління.

У кодї ISO прийнято кодування подачі символом F, а частота обертання шпинделя в хвилину - символом S. Значення кодів приведені в таблиці 6.

*Таблиця 6 – Коды частоти обертання шпинделя і подачі*

№ п/п	Код F		Подача, мм/хв	Код S		Частота обертання шпинделя, хв <sup>-1</sup>
	Адреса	Число		Адреса	Число	
1	<b>F</b>	01	10	<b>S</b>	01	31,5
2		02	12,5		02	45
3		03	16		03	63
4		04	20		04	90
5		05	25		05	115
6		06	31,5		06	180
7		07	40		07	250
8		08	50		08	355
9		09	63		09	500
10		10	80		10	710
11		11	100		11	1000
12		12	125		12	1400
13		13	160			
14		14	200			
15		15	250			
16		16	315			
17		17	400			
18		18	500			

**Програмування допоміжних функцій.** Для подачі різних технологічних команд використовується 99 допоміжних функцій, що кодуються

буквою М. В таблиці 7 приведені деякі допоміжні функції, використовувані при складанні керуючих програм для верстата 2Р135Ф2.

Таблиця 7 — Допоміжні функції коду

Функція	Призначення
<b>M01</b>	Технологічний останов, застосовується для програмування останову верстата в процесі обробки деталі, наприклад з метою перевірки якості обробки
<b>M02</b>	Кінець програми
<b>M03</b>	Обертання шпинделя за годинниковою стрілкою
<b>M04</b>	Обертання шпинделя проти годинникової стрілки
<b>M05</b>	Останов обертання шпинделя
<b>M08</b>	Включення охолодження
<b>M09</b>	Відключення охолодження
<b>M13</b>	Обертання шпинделя за годинниковою стрілкою з одночасним охолодженням
<b>M14</b>	Обертання шпинделя проти годинникової стрілки з одночасним охолодженням

Допоміжну функцію **M02** необхідно програмувати окремим кадром.

Обробка деталі ведеться по командах, що містять координати точок траєкторії руху робочих органів верстата в прямокутній системі координат. Тому розміри на кресленнях необхідно задавати в прямокутній системі координат. Додатні напрями систем координат верстата і деталі повинні співпадати. Бажано, щоб установочні базові поверхні поєднувалися з координатними площинами; це значно полегшує орієнтування деталі на верстаті і підвищує точність установки.

Для розробки операції обробки на свердлильному верстаті з ЧПК користуються технологічною картою, приведеною в таблиці 8.

### Приклад

Розробити технологічну операцію і скласти керуючу програму для свердління отворів в деталі «плита» (рисунок 22). Матеріал деталі – сталь 45.

### Рішення

Координатами опорних точок траєкторії руху робочих органів верстата є координати центрів отворів. Режими різання записуються в таблицю 8.

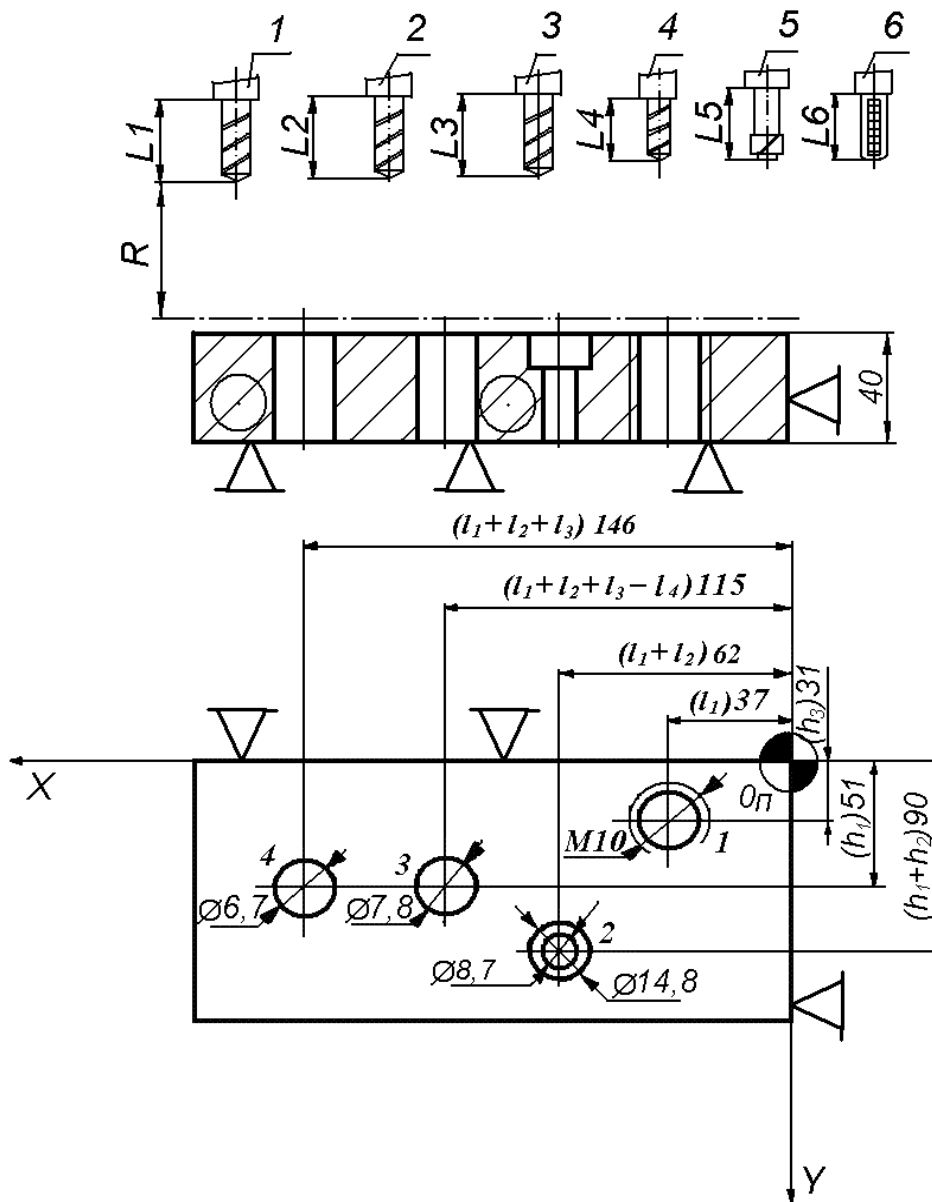


Рисунок 22 — Ескіз технологічного налагодження на свердлильну операцію

### Технологічний процес

- А 005 Вертикально-свердлильна  
Б 2Р135Ф2  
О Установити деталь.  
Перемістити в точку  $x=37$ ,  $y=31$ .  
Свердлити отвір  $\varnothing 8,2$ .  
Р  $V=14$ ,  $n=560$ ,  $S=0,09$ .  
О Нарізати різьбу М10.  
Р  $V=2$ ,  $n=66,8$ ,  $S=1,5$ .  
О Перемістити в точку  $x=62$ ,  $y=90$ .  
Свердлити отвір  $\varnothing 8,7$ .  
Р  $V=14$ ,  $n=512$ ,  $S=0,09$ .

- О    Зенкерувати отвір Ø14,8.  
Р     $V=16$     ,     $n=340$     ,     $S=0,13$ .  
О    Перемістити в точку  $x=115$  ,  $y=51$ .  
      Свердлити отвір Ø7,8.  
Р     $V=14$     ,     $n=560$     ,     $S=0,09$ .  
О    Перемістити в точку  $x=146$  ,  $y=51$ .  
      Свердлити отвір Ø6,7.  
Р     $V=14$     ,     $n=665$     ,     $S=0,07$ .

Таблиця 8 – Вибір режимів різання

Т	Ріжучий ін-струмент	V, м/хв	п, хв <sup>-1</sup>	Код S	S, мм/об	S, мм/хв	Код F	Корек-ція
1	Свердло Ø 8,2	14	560	09	0,09	50,4	08	L01
2	Свердло Ø 8,7	14	512	09	0,09	46	07	L02
3	Свердло Ø 7,8	14	560	09	0,09	50,4	08	L03
4	Свердло Ø 6,7	14	665	10	0,07	46,5	07	L04
5	Зенкер Ø 14,8	16	340	08	0,13	44,2	07	L05
6	Мітчик M10	2,1	66,8	03	1,5	100,2	11	L06

## Керуюча програма

N001 M03

N002 T01 S09 F08 L01

N003 X+000000 Y+00000

N004 X+003700 Y+03100

N005 G91 R+015000 Z+17250

N006 T06 S03 F11 L06

N007 G94 R+015000 Z+17800

N008 X+006200 Y+09000

N009 T02 S09 F07 L02

N010 G91 R+015000 Z+17250

N011 T05 S08 F07 L03

N012 G91 R+015000 Z+18000

N013 X+011500 Y+005100

N014 T03 S09 F08 L04

N015 G91 R+015000 Z+17250

N016 X+014600 Y+005100

N017 T04 S10 F07 L05

N018 G91 R+015000 Z+17250

N019 X+000000 Y+00000

N020 M02

## Переміщення до отвору 1 Свердління під різьбу

## Нарізання різьби

### Переміщення до отвору 2

Свердло Ø8,7

## Свердління

Зенкер ø 14,8

## Зенкерування

### Переміщення до отвору 3

Свердло Ø 7,8

## Свердління

### Переміщення до отвору 4

Сверло Ø 6,7

## Свердління

$$Z = B + l_3 + a + c,$$

$$Z = 16 + 2,5 + 2 + 2 = 22,5.$$

Приймаючи допущення, що всі інструменти в інструментальній системі мають однаковий виліт від торцевої поверхні шпинделя до вершини ріжучої кромки, розрахуємо корекцію і занесемо в таблицю 9.

Таблиця 9 — Технологічна карта обробки при  $R=150\text{мм}$

№ п/п	Інструмент	Інструмент		Глибина свердління $B$ , мм	Довжина врізання $a$ , мм	Довжина перебігу $c$ , мм	Координата $Z$ , мм	Корекція $L$ , мм
		Довжина $l$ , мм	Довжина забірної частини $l_3$ , мм					
1	Свердло Ø8,2	112	2,5	16	2	2	172,5	0
2	Свердло Ø8,7	112	2,5	16	2	2	172,5	0
3	Свердло Ø7,8	112	2,5	16	2	2	172,5	0
4	Свердло Ø6,7	89	2	16	2	2	172	+23
5	Зенкер Ø14,8	125	1	14	1	-	180	-13
6	Мітчик М10	50	10	6	1	1	178	+27

Приймаємо інструмент у позиції T01 за базу. Тоді

$$L = l_o - l_i,$$

$$L = 112 - 89 = +23.$$

Складена програма є одним з можливих варіантів обробки деталі. При обробці великогабаритних деталей координата  $R$  приймається рівною 150 мм і, крім того, програмується відхід столу верстата по осі  $X$  або  $Y$  на відстань, достатню для використання підйомних засобів; у деяких інструкціях по програмуванню рекомендується координату  $R$  вибирати різною для кожної позиції револьверної головки з урахуванням розмірів використовуваних інструментів.

### Обладнання, заготовки, інструменти

- Обладнання: вертикально-свердлильний верстат 2Р135Ф2;  
контрольний столик.
- Інструменти: набори свердел, зенкерів, розверток, мітчиків;  
перехідні втулки для кріплення інструментів;  
імітатори інструментів.
- Заготовки: прокат листовий розмірами 300x200x25;  
імітатори заготовок.

## **Порядок виконання роботи**

- 1 Вивчити дані методичні вказівки і ознайомитися з індивідуальним завданням (додаток В).
- 2 Накреслити ескіз деталі, вивчити її конструктивні особливості і дати аналіз технологічності.
- 3 Вибрати систему координат, послідовність обробки отворів (з використанням додатку А), початкове положення інструменту і опорні точки.
- 4 Виконати перерахунок креслярських розмірів, заданих у відносній системі координат, на розміри в абсолютній системі і проставити їх на ескізі.
- 5 Розробити операційний технологічний процес обробки деталі.
- 6 Розмістити ріжучі інструменти в револьверній головці верстата; вибрати режими різання, закодувати їх і занести в таблицю. (Пам'ятаєте, що для нарізування різьб мітчиками свердлильні верстати з ЧПК оснащуються різьбонарізними патронами або головками).
- 7 Скласти програму обробки і представити її електронний варіант на дискеті.
- 8 Відпрацювати програму на верстаті, оснащеному імітаторами інструментів, контрольним столиком і імітатором заготовки.
- 9 Виміряти міжцентрові відстані отворів і порівняти із заданими по кресленню. У разі їх неспівпадання внести зміни до керуючої програми, добиваючись отримання необхідної точності.
- 10 Обробити контрольну деталь.
- 11 Підготувати звіт про роботу і здати викладачеві

## **Зміст звіту**

- 1 Назва, мета і короткий зміст роботи.
- 2 Креслення оброблюваної деталі з координатними розмірами.
- 3 Ескіз технологічного налагодження на свердлильну операцію.
- 4 Технологічна карта обробки.
- 5 Керуюча програма.
- 6 Креслення деталі з зазначенням міжцентрових відстаней, отриманих на контрольному столике.
- 7 Висновки.

## **Контрольні питання**

- 1 Галузь застосування, достоїнства і недоліки верстатів з ЧПК.
- 2 Вміст формату кадру в коді ISO-7 біт.
- 3 Призначення стандартних циклів програми.
- 4 Охарактеризуйте підготовчі і допоміжні функції коду ISO.
- 5 Перерахуйте основні етапи розробки програм.
- 6 Основна технологічна документація для розробки керуючих програм.
- 7 Системи координат.
- 8 Кодування числової і буквенної інформації в коді ISO.



9 Розрахунок траєкторії переміщення робочих органів верстата.

10 Правила (послідовність) розрахунку координати Z.

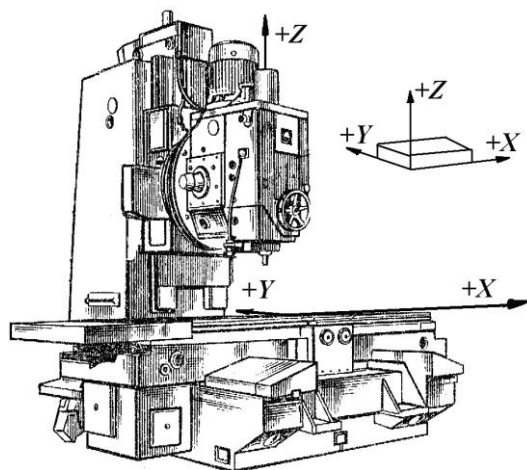
### Лабораторна робота 3

#### Програмування і налагодження вертикально-фрезерного верстата з ЧПК

**Мета роботи** - набути навичок проектування технологічних процесів і складання програм для обробки деталей на фрезерних верстатах, оснащених контурними системами ЧПК з використанням системи DNC.

#### Теоретичні відомості

Вертикально-фрезерний верстат мод.6P13Ф3 призначений для обробки кінцевими фрезами плоских і просторових деталей складного профілю і торцевими фрезами – площин на корпусних деталях. Обробка деталі проводиться за рахунок взаємного переміщення інструменту по осі Z і столу – по осях X і Y (рисунок 23).



*Рисунок 23 – Система координат вертикально-фрезерного верстата*

Відлік переміщень ведеться від нульової точки, при цьому інструмент знаходиться в крайньому верхньому положенні.

Наявність трьох незалежно керованих координат дозволяє вести обробку в трьох площинах: XY, XZ, YZ. Лінійна і кругова інтерполяції можна задавати в об'ємі, відразу по трьом координатам.

**Програмування підготовчих функцій.** Підготовчі функції (таблиця 10) задаються словом, що містить адресу і двохзначне кодове число. Підготовчі функції визначають характер роботи. Їх можна розбити на дві групи. До першої групи відносяться підготовчі функції інтерполяції **G01, G02 і G03** і їх модифікації **G41, G42, G43, G51, G52, G53**, а також функції від-

міни корекції **G40, G50** і паузи **G04**. Відповідна функція визначає характер лінії (пряма або коло) і спосіб обліку величини корекції. Функції першої групи відміняють дію раніше заданої функції даної групи. Вони діють до приходу наступної функції із заданої групи, тобто є домінуючими (окрім функції **G04**, яка діє тільки в «своєму» кадрі).

До другої групи відносяться функції вибору площини обробки **G17, G18, G19** і функції вибору системи координат **G90, G91**. Якщо програмований контур містить кругову інтерполяцію, то функція вибору площини задається в першому кадрі. Задана підготовча функція створюється до приходу іншої функції цієї групи. Якщо кругова інтерполяція здійснюється лише в одній площині обробки (XY), то підготовча функція **G17** задається один раз в першому кадрі програми.

Функції лінійної інтерполяції **G01**, круговій інтерполяції за годинниковою стрілкою **G02** і проти годинникової стрілки **G03** застосовуються для програмування обробки контурів деталі з урахуванням величини і знаків корекції, заданих на пульті оператора, або зовсім без корекції

Функції **G41, G42, G43** діють аналогічно **G01, G02, G03**, але при цьому здійснюють завжди позитивну корекцію незалежно від знаку, набраного на пульті ЧПК. Функції **G51, G52, G53** діють аналогічно, але здійснюють завжди негативну корекцію незалежно від знаку, набраного на пульті ЧПК. Значення кодів підготовчих функцій приведені в таблиці 10.

При відході інструменту від оброблюваного еквідистантного контуру необхідно використовувати функцію **G50**.

Функцією **G04** задається режим «Пауза». У цьому режимі здійснюється лінійна інтерполяція заданої в кадрі геометричної інформації (аналогічно функції **G01**) без видачі керуючих сигналів на приводи верстата, тобто здійснюється технологічний останов на заданий в програмі час. Час паузи визначається величиною геометричної інформації і заданою швидкістю подачі.

Рекомендується задавати швидкість подачі 60 мм/хв. При цьому геометрична інформація, що задається (наприклад, за адресою X), відповідатиме часу паузи в сотих долях секунди. Наприклад:

**N012 G04 X + 0020 F60** — пауза 20 с

**N013 G04 X + 0120 F60** — пауза 120 с = 2 хв.

**Програмування переміщень при лінійній інтерполяції.** Геометрична інформація про величину і напрям переміщень виконавських органів верстата задається тільки в приростах. Використовується права прямокутна декартова система координат, пов'язана з нерухомою заготовкою.

Дискретність ЧПК по координатах X, Y, Z складає 0,01мм. Проте система ЧПК сприймає числа з точністю до третього знаку після коми. Одна прямокутна ділянка інтерполяції задається одним кадром, який включає: підготовчу функцію **G01** (або **G41, G51**) і параметри переміщення по координатах X, Y, Z.

Таблиця 10 — Підготовчі функції

Код підготовчих функцій	Найменування
<b>G01</b>	Лінійна інтерполяція
<b>G02</b>	Кругова інтерполяція за годинниковою стрілкою
<b>G03</b>	Кругова інтерполяція проти годинникової стрілки
<b>G04</b>	Витримка часу
<b>G17</b>	Вибір площини XY
<b>G18</b>	Вибір площини XZ
<b>G19</b>	Вибір площини YZ
<b>G40</b>	Відміна корекції в прямокутних координатах
<b>G41</b>	Лінійна інтерполяція з позитивною корекцією
<b>G42</b>	Кругова інтерполяція за годинниковою стрілкою з позитивною корекцією
<b>G43</b>	Кругова інтерполяція проти годинникової стрілки з позитивною корекцією
<b>G50</b>	Відміна корекції при відході від еквідистанти
<b>G51</b>	Лінійна інтерполяція з негативною корекцією
<b>G52</b>	Кругова інтерполяція за годинниковою стрілкою з негативною корекцією
<b>G53</b>	Кругова інтерполяція проти годинникової стрілки з негативною корекцією
<b>G90</b>	Вибір абсолютної системи координат
<b>G91</b>	Вибір відносної системи координат

Приклад: переміщення в позитивному напрямі на величину 2158 дискрет (імпульсів) повинне бути записане таким чином:

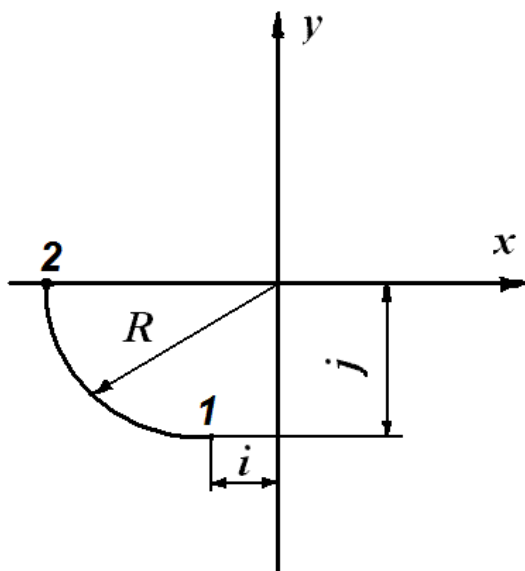
**N003 X+002158.**

У даному кадрі записано переміщення на 21,58 мм.

При роботі на подачах від 0 до 800 мм/хв можливі одночасне переміщення по двох або трьом координатам.

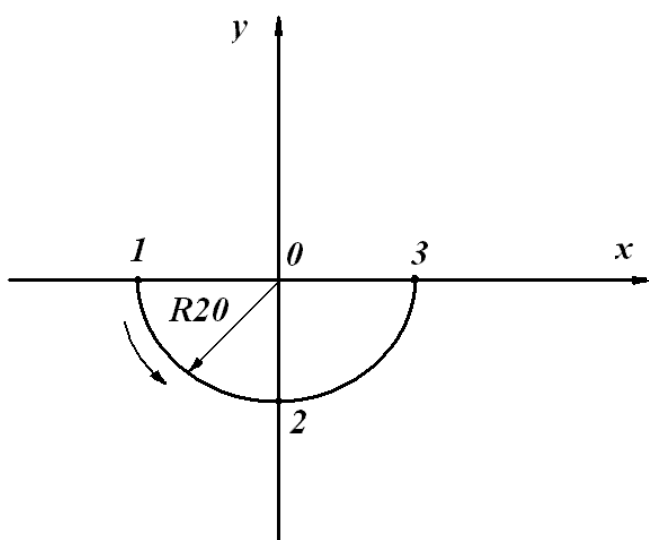
**Програмування переміщень при круговій інтерполяції.** При обробці заготовки з круговою інтерполяцією повинні бути обов'язково вказані площина обробки **G17, G18, G19**. Як і при лінійній інтерполяції, геометрична інформація про величину і напрям переміщень задається тільки в приростах. При цьому в одному кадрі записується: підготовча функція (**G02, G03, або G42, G43, або G52, G53**), прирости по осях X, Y, Z, як при лінійній інтерполяції, і адреси I, J, K умовної площини.

Центр умовної площини співпадає з центром дуги руху інструменту, як показано на рисунку 24.



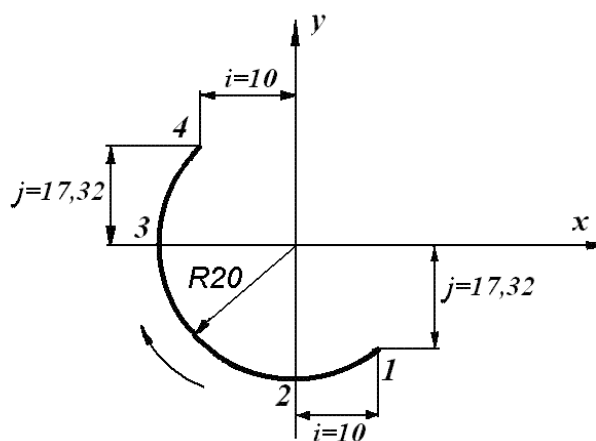
$i$  – координата початкової точки руху інструменту на осі OX відносно центру кола;  
 $j$  – координата початкової точки руху інструменту відносно центру кола осі OY

a



1-2 N003G03X+002000Y-002000  
 I-002000F0540  
 2-3 N004G03X+002000Y+002000  
 J-002000

б



1-2 N003G02X-001000Y-001732  
 I+001000J-001732F0540  
 2-3 N004G02X-002000Y+002000  
 J+002000  
 3-4 N005G02X+001000Y+001732  
 I-002000

в

Рисунок 24 – Програмування обробки криволінійних поверхонь

**Програмування швидкостей подач.** Команда подачі **F** є модальною, тобто розповсюджується на все подальші кадри програми. Вона задається в міліметрах на хвилину. Дана команда виконується як в одному кадрі, так і спільно з командами **G1, G2, G3**.

Кількість розрядів в адресі **F** – 4.

Перший розряд: 0 – автоматичне визначення необхідності розгону або гальмування;  
4 – гальмування в кінці кадру до фіксованої величини (240 мм/хв) і розгін в наступному кадрі до колишньої швидкості у разі відсутності в ньому коду подачі.

Другий розряд: десятковий множник, величина якого на 3 більша, ніж цілих чисел у величині подачі (мм/хв)

Третій і четвертий розряди: мантиса коду подачі

Приклади:

F0310 - величина подачі  $0,1 \times 10^{3-3} = 0,1$  мм/хв (мінімальна робоча подача)

F0465 - «-»  $0,65 \times 10^{4-3} = 6,5$  мм/хв

F0525 - «-»  $0,25 \times 10^{5-3} = 25$  мм/хв

F0675 - «-»  $0,75 \times 10^{6-3} = 750$  мм/хв

F0712 - «-»  $0,12 \times 10^{7-3} = 1200$  мм/хв (максимальна робоча подача)

F0718 - «-»  $0,18 \times 10^{7-3} = 1800$  мм/хв

F0724 - «-»  $0,24 \times 10^{7-3} = 2400$  мм/хв (швидкий хід)

У таблиці 11 приведені значення подач, що використовуються у верстаті. Максимальна подача при одночасній роботі двох координат – 1200 мм/хв, а при одночасній роботі трьох координат – 800 мм/хв.

При переміщеннях, менших 50 мм, швидкий хід програмувати **не можна**.

*Таблиця 11 – Характеристики подач*

Діапазон зміни подачі, мм/хв	Дискретність зміни	Код множника	Межі зміни мантиси
0,1–0,9	Через 0,1	3	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90
1–9,9	Через 0,1	4	10, 11, 12, 13, ..., 97, 98, 99
10–99	Через 1	5	
100–999	Через 10	6	
1000–2400	Через 100	7	

Верстат мод. 6Р13ФЗ має наступні ступені частот обертання шпинделя, хв<sup>-1</sup>: 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000.

Розробити технологічну операцію і скласти керуючу програму для фрезерування контуру деталі (рисунок 25). Матеріал деталі – сталь 45.

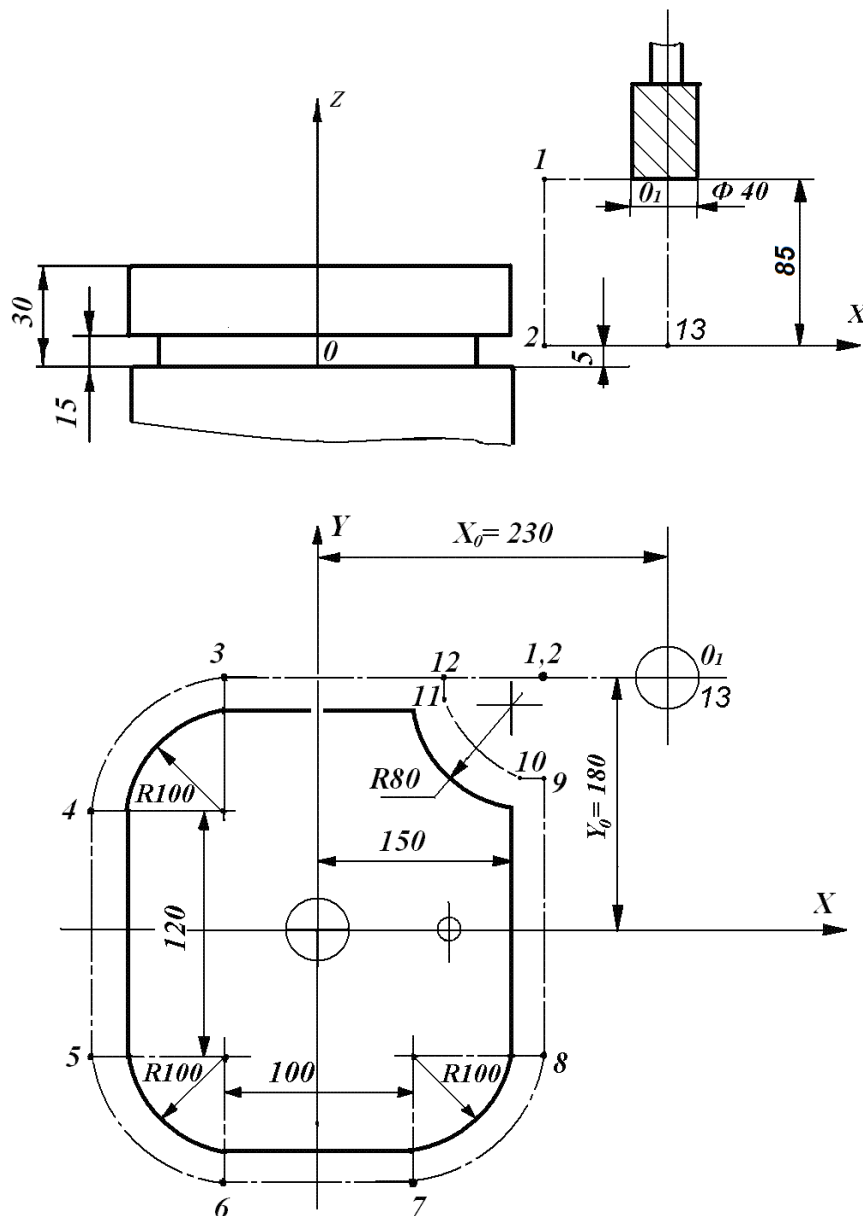

$$\theta_1 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - \theta_1$$

Рисунок 25 – Розрахунково-технологічна карта обробки деталі

## РІШЕННЯ

Для обробки зовнішнього контуру вибирається кінцева фреза діаметром 40 мм, ріжуча частину якої виготовлена з швидкорізальної сталі Р6М5. Робоча подача, що визначається з нормативів режимів різання, складає 120 мм/хв. У кодї ISO ця подача кодується F0612. Швидкість різання, визначена з нормативів режимів різання, складає 35 м/хв, отже

$$n = \frac{1000 v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 40} = 275 \text{ хв}^{-1}.$$

Найближча менша за паспортом верстата частота обертання складає  $250 \text{ хв}^{-1}$ .

При розробці керуючих програм для фрезерних верстатів з ЧПК оброблюваний контур деталі розділяється на ділянки. Розрахунок траєкторії починається з визначення координат опорних точок. Геометричні опорні точки – це точки, в яких здійснюється перехід від однієї геометричної фігури контуру до іншої. Розрізняють також технологічні опорні точки, в яких змінюються технологічні параметри: швидкість подачі, інструмент і т.д.

Траєкторія руху інструменту починається з початкової точки. Якщо деталь обробляється одним інструментом, то його початкова точка буде і кінцевою точкою траєкторії. Програма обробки деталі описує рух певної точки інструменту, зокрема для кінцевої фрези – її центру. Якщо прийняти, що радіус інструменту під час обробки деталі залишається постійним, то траєкторія центру при контурній обробці є еквідистантною до контуру деталі. На рисунку 25 штрихпунктірною лінією відмічена еквідистанта, показані опорні точки контуру оброблюваної деталі з урахуванням урізування інструменту, а також траєкторія руху інструменту. Початкова точка  $O_1$  вибрана з урахуванням зручності установки і зняття заготовки, тому фреза відведена від заготовки і піднята над столом верстата.

Координати початкового положення фрези:  $X = +230$ ,  $Y = +180$ ,  $Z = +90$ .

У таблиці 12 приведена розрахункова карта з вказівкою координат опорних точок і приростів координат (у міліметрах і імпульсах) для переміщення між окремими опорними точками траєкторії.

Таблиця 12 – Розрахункова карта												
Номери опорних точок	Координати, мм			Номери кадрів	Приріст X		Приріст Y		Приріст Z			
	X	Y	Z		ΔX	імпульси	ΔY	імпульси	ΔZ	імпульси		
0	230	180	90									
1	175	180	90	N004	-55	-005500	0	0	0	0	0	
2	175	180	5	N005	0	0	0	0	-85	-008500		
3	-50	180	5	N006	-225	-022500	0	0	0	0	0	
4	-170	60	5	N007	-120	-012000	-120	-012000	0	0	0	
5	-170	-60	5	N008	0	0	-120	-012000	0	0	0	
6	-50	-180	5	N009	120	012000	-120	-012000	0	0	0	
7	50	-180	5	N010	100	010000	0	0	0	0	0	
8	170	-60	5	N011	120	012000	120	012000	0	0	0	
9	170	100	5	N012	0	0	160	016000	0	0	0	
10	150	100	5	N013	-20	-002000	0	0	0	0	0	
11	90	160	5	N014	-60	-006000	60	006000	0	0	0	
12	90	180	5	N015	0	0	20	002000	0	0	0	
0	230	180	90	N016	140	014000	0	0	85	008500		



Програма обробки деталі має наступний вигляд:

%	
N001G17	
N002M08	
N003M03	
N004G01X-005500F4712	Переміщення з т.О <sub>1</sub> у т.1
N005Z-008500F0560	-«- з т.1 у т.2
N006X-022500F0612	-«- з т.2 у т.3
N007G03X-012000Y-012000J+012000	-«- з т.3 у т.4
N008G01Y-012000	-«- з т.4 у т.5
N009G03X+012000Y-012000I-012000	-«- з т.5 у т.6
N010G01X+010000	-«- з т.6 у т.7
N011G03X+012000Y+012000J-012000	-«- з т.7 у т.8
N012G01Y+016000	-«- з т.8 у т.9
N013X-002000	-«- з т.9 у т.10
N014G02X-006000Y+006000J-006000	-«- з т.10 у т.11
N015Y+002000	-«- з т.11 у т.12
N016G01X+014000F4712	-«- з т.12 у т.13
N017Z+008500F0560	-«- з т.13 у т.О <sub>1</sub>
N018M05	
N019M09	
N020M02	

Складена програма обробки є одним з можливих варіантів програм; зокрема можливе використання підпрограми для переміщення з точки 0 в точку 0<sub>1</sub>; іноді доцільне введення коректора на радіус фрези, що враховує її розміри; вибір початкової точки траєкторії можливий в точці 0. При цьому у ряді випадків переміщення робочих органів верстата мінімальні. З таблиці 12 видно, що переміщення по координаті Z виконувалися всього лише 2 рази. Деякі програмісти в картах наладки інструменту встановлюють завдання наладчику виставити фрезу в потрібне по Z положення при наладці верстата, а в програмі переміщення по координаті Z не програмують. Відхід фрези від деталі можливий також по траєкторії 12-1-2-0<sub>1</sub>.

### Обладнання, заготовки, інструменти

Обладнання:	вертикально-фрезерний верстат 6P13Ф3; контрольний столик.
Інструменти:	набори фрез; перехідні втулки для кріплення інструментів.
Заготовки:	вирубка з прокату листового по фасонному контуру з припуском 2...3 мм; імітатори заготовок.

## **Порядок виконання роботи**

- 1 Вивчити дані методичні вказівки і ознайомитися з індивідуальним завданням (додаток Г).
- 2 Накреслити ескіз деталі, вивчити її конструктивні особливості і дати аналіз технологічності.
- 3 Вибрати систему координат, послідовність обробки отворів, початкове положення інструменту і опорні точки.
- 4 Виконати перерахунок креслярських розмірів, заданих у відносній системі координат, на розміри в абсолютній системі і проставити їх на ескізі.
- 5 Розробити операційний технологічний процес обробки деталі.
- 6 Розмістити ріжучі інструменти. Вибрати режими різання, закодувати їх і занести в таблицю.
- 7 Скласти програму обробки і представити її електронний варіант на дискеті.
- 8 Встановити необхідну частоту оборотів шпинделя.
- 9 Відпрацювати програму на верстаті, оснащеному імітаторами інструментів, контрольним столиком і імітатором заготовки.
- 10 Зміряти лінійні розміри і порівняти їх із заданими по кресленню. У разі їх неспівпадання внести зміни до програми, що управляє, добиваючись отримання необхідної точності.
- 11 Обробити контрольну деталь.
- 12 Підготувати звіт і здати викладачеві.

## **Зміст звіту**

- 1 Назва, мета і короткий зміст роботи.
- 2 Креслення оброблюваної деталі з координатними розмірами.
- 3 Ескіз технологічної наладки на фрезерну операцію.
- 4 Технологічна карта обробки.
- 5 Керуюча програма.
- 6 Креслення деталі з вказівкою лінійних розмірів, отриманих на контрольному столику.
- 7 Висновки.

## **Контрольні питання**

- 1 Область застосування, достоїнства і недоліки верстатів з ЧПК.
- 2 Зміст формату кадру в коді ISO-7 bit.
- 3 Охарактеризуйте підготовчі і допоміжні функції коду ISO.
- 4 Перерахуйте основні етапи розробки програм.
- 5 Основна технологічна документація для розробки керуючих програм.
- 6 Правила вибору системи координат.
- 7 Кодування числової і буквені інформації в коді ISO.

- 8 Зміст переходів фрезерної операції.
- 9 Розрахунок траєкторії переміщення робочих органів верстата.
- 10 Вибір опорних точок переміщення.

### Література

- 1 Технология машиностроения. – Т.2: Производство машин /Под ред. Г.Н. Мельникова. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2001. – 640 с. – ISBN 5-7038-1285-2.
- 2 Руденко, П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: навч. посібник / П.О. Руденко. – К.: Вища школа, 1993. – 414 с. – ISBN 5-11-004091-5.
- 3 Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. /Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985. – Т.1. – 495 с.
- 4 Дерябин, А.Л. Программирование технологических процессов для станков с ЧПУ / А.Л. Дерябин. – М.: Машиностроение, 1984. – 224 с.
- 5 Сафраган, Р.Э. Технологическая подготовка производства для применения станков с ЧПУ/ Р.Э. Сафраган, Ю.И. Кузнецов, Б.А. Гончаренко. – К.: Техника, 1981. – 240 с.
- 6 Программное управление станками /Под ред. В.Л. Сосонкина. – М.: Машиностроение, 1981. – 398 с.

## Додаток А

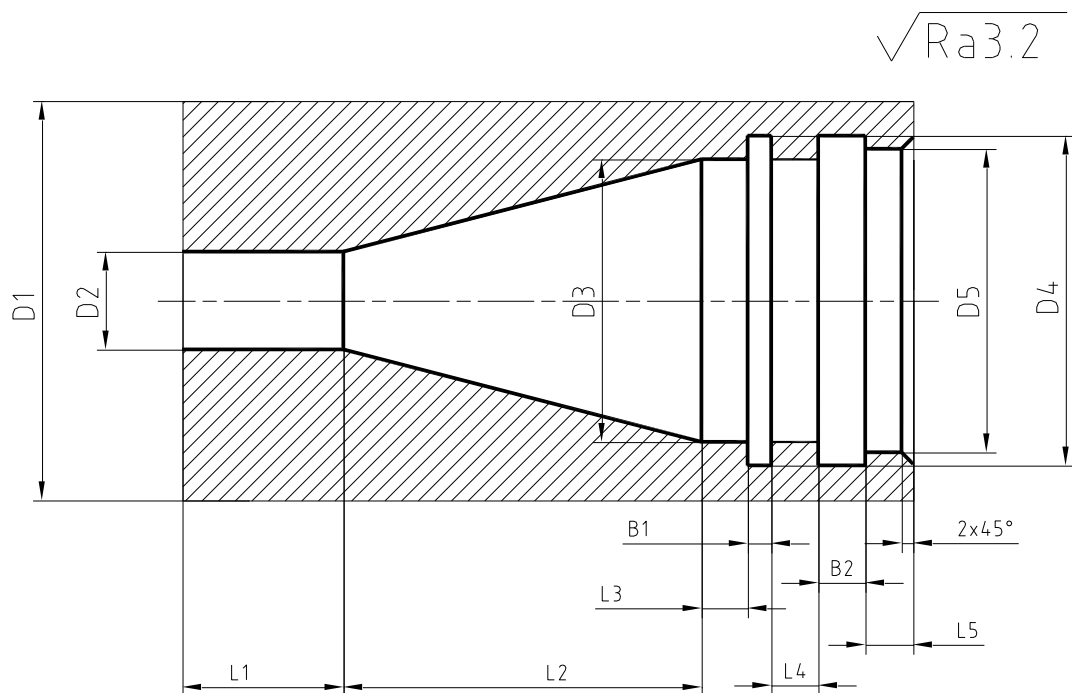
### Рекомендований діаметр свердел для отворів під нарізування різьби (по рекомендованому додатку до ГОСТ 19257-73)

Номі- наль- ний ді- аметр різьби	Крок різь- би $P$	Діаметр свердла		Номі- наль- ний ді- аметр різьби	Крок різьби $P$	Діаметр свер- дла		Номі- наль- ний ді- аметр різьби	Крок різь- би $P$	Діаметр свердла	
		*1	*2			*1	*2			*1	*2
1,0	0,2 0,25	0,80 0,75	0,82 0,80	4,5	0,5 0,75	4,00 3,75	- 3,90	11	0,5 0,75	10,50 10,25	10,60 10,30
1,1	0,2 0,25	0,90 0,85	0,92 0,90	5,0	0,5 0,8	4,50 4,20	4,60 4,30		1,0 1,5	10,00 9,50	10,10 9,70
1,2	0,2 0,25	1,00 0,95	1,05 1,00	5,5	0,5	5,00	5,10	12	0,5 0,75	11,50 11,25	- 11,30
1,4	0,2 0,3	1,00 1,10	1,25 1,15		0,75 1,00	5,25 5,00	5,30 5,10		1,0 1,25 1,5 1,75	11,00 10,80 10,50 10,20	11,10 10,90 10,70 10,40
1,6	0,2 0,35	1,40 1,25	1,45 1,30	7,0	0,5 0,75 1,0	6,50 6,25 6,00	6,60 6,30 6,10				
1,8	0,2 0,35	1,60 1,45	1,65 1,50					14	0,5 0,75 1,0 1,25 1,5 2,0	13,50 13,25 13,00 12,80 12,50 12,00	- 13,30 13,10 - 12,70 12,20
2,0	0,25 0,4	1,75 1,60	1,80 1,65								
2,2	0,25 0,45	1,95 1,75	2,00 1,80	9	0,5 0,75 1,0 1,25	8,50 8,25 8,00 7,80	8,60 8,30 8,10 7,90	15	1,0 1,5	14,00 13,50	- 13,70
2,5	0,35 0,45	2,15 2,05	2,20 2,10								
3,0	0,35 0,5	2,65 2,50	2,70 2,60	10	0,5 0,75 1,0 1,25 1,5	9,50 9,25 9,00 8,80 8,50	9,60 9,30 9,10 8,90 8,70	16	0,5 0,75 1,0 1,5 2,0	15,50 15,25 15,00 14,50 14,00	- - - - 14,20
3,5	0,35 0,6	3,15 2,90	3,20 2,95								
4,0	0,5 0,7	3,50 3,30	3,60 3,40								
								17-52	$P$	$(d-P)$	-

\*1 Обробка отворів в деталях: з сірого чавуну — по ГОСТ 1412 — 79; із сталей — по ГОСТ 380 — 71, ГОСТ 1050-74, ГОСТ 4543-71, ГОСТ 10702-78, ГОСТ 5632-72 (окрім сплавів на нікелевій основі), ГОСТ 20072 - 74; з алюмінієвих ливарних сплавів - по ГОСТ 2685 -75; з міді - по ГОСТ 859 - 78.

\*2 Обробка отворів в деталях з матеріалів підвищеної в'язкості: сплавів магнію — по ГОСТ 804-72; алюмінієвих — по ГОСТ 4784 — 74; латунь — по ГОСТ 15527-70; титанових сплавів, сталей і сплавів високолегованих, корозійний-стійких, жаростійких, жароміцних (на нікелевій основі) - по ГОСТ 5632-72 і ГОСТ 20072-74.

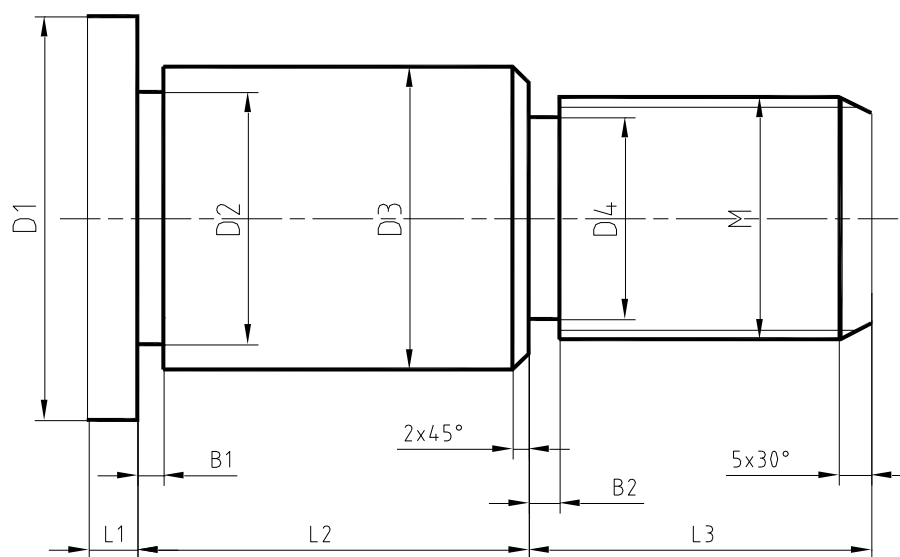
**Додаток Б**  
**Варіанти завдань для програмування токарно-гвинторізного**  
**верстата з ЧПК**



Варіант	D1	D2	D3	D4	D5	L1	L2	L3	L4	L5	B1	B2
1	70	10	55	60	58	10	30	5	10	10	3	10
2	60	15	45	50	47	15	30	10	5	10	3	10
3	80	12	55	60	58	10	25	15	5	10	2	8
4	80	20	65	70	67	20	25	15	5	5	2	8
5	70	15	55	60	58	10	30	5	10	5	4	6
6	60	10	45	50	47	15	25	10	5	5	4	6

## Продовження додатку Б

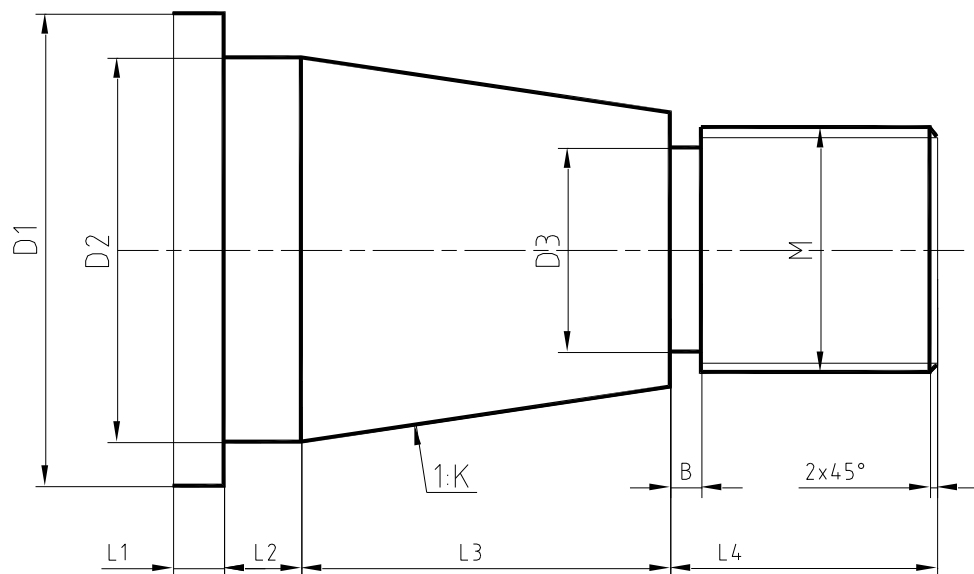
$\sqrt{Ra3.2}$



Варіант	D1	D2	D3	D4	M	L1	L2	L3	B1	B2
7	70	50	55	28	M32	10	50	30	4	3
8	60	40	45	16	M20	15	45	40	4	3
9	80	50	55	35	M40	20	40	50	4	3
10	80	60	65	35	M40	10	50	30	3	4
11	70	50	55	28	M32	15	45	40	3	4
12	60	40	45	16	M20	20	40	50	3	4

## Продовження додатку Б

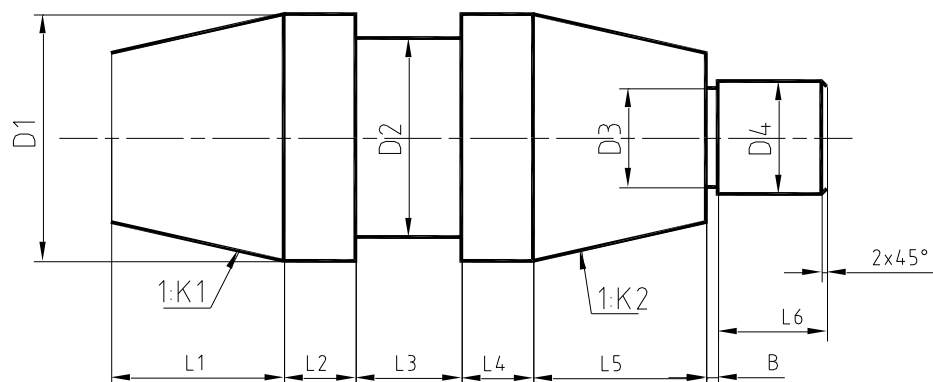
$\sqrt{Ra3.2}$



Варіант	D1	D2	D3	M	K	B	L1	L2	L3	L4
13	70	55	28	M32	5	3	10	20	30	40
14	60	45	16	M20	6	4	15	15	35	35
15	80	55	36	M40	7	3	20	10	40	40
16	80	65	36	M40	7	3	10	10	45	20
17	70	55	30	M32	6	4	15	15	50	20
18	60	45	18	M20	5	3	20	20	55	30

## Продовження додатку Б

$\sqrt{Ra3.2}$

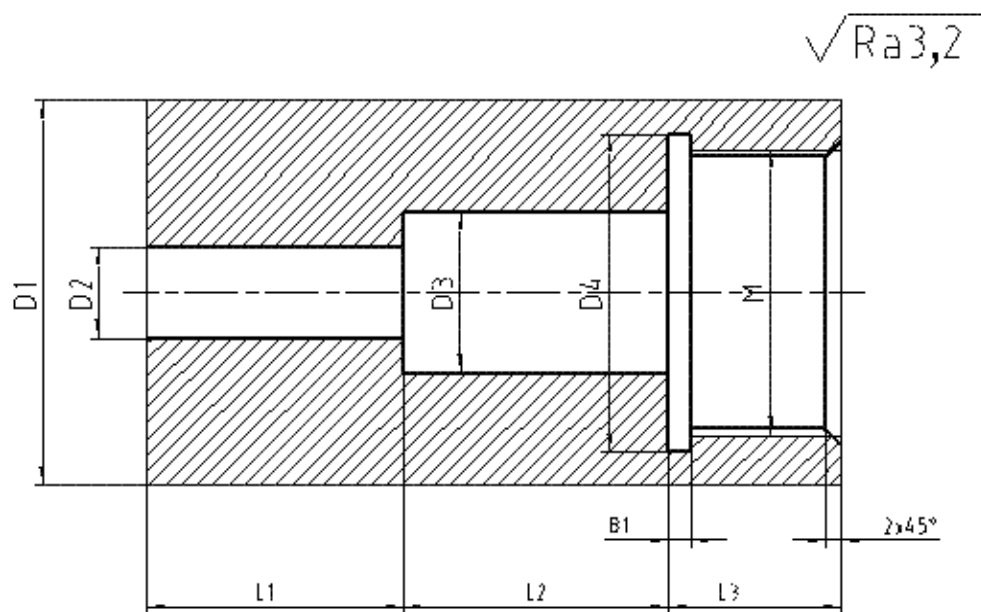


$B = 3 \text{ мм}$

Вари- ант	D1	D2	D3	D4	K1	K2	L1	L2	L3	L4	L5	L6
19	70	50	35	40	5	6	20	10	20	20	10	12
20	60	40	35	40	6	5	30	15	15	15	15	15
21	80	60	55	60	7	5	20	20	10	10	20	20
22	80	70	55	60	5	7	30	10	10	20	20	18
23	70	60	45	50	6	5	20	15	10	15	20	15
24	60	50	35	40	7	6	30	20	10	10	20	18

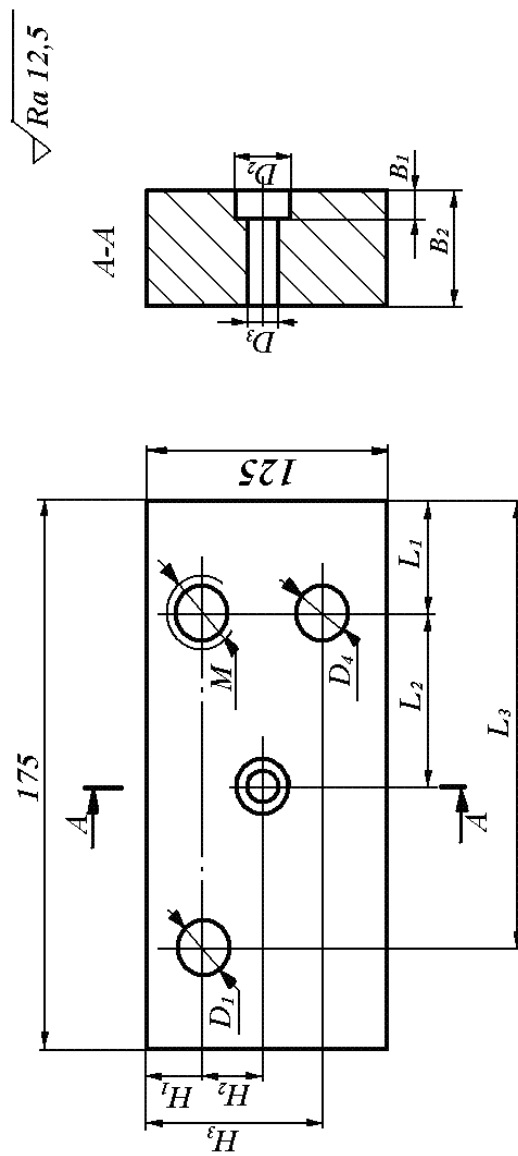


## Продовження додатку Б



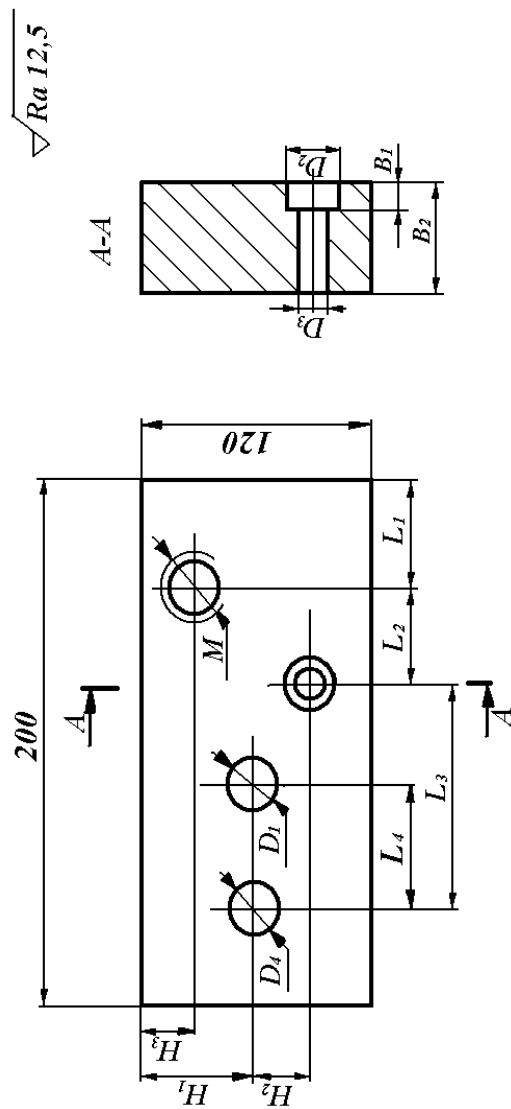
Варіант	D1	D2	D3	D4	M	L1	L2	L3	B1
25	70	10	20	35	M30	10	30	20	3
26	60	15	25	35	M30	20	40	10	3
27	80	12	20	40	M32	30	10	20	4
28	80	20	30	50	M42	40	20	10	4
29	70	15	25	40	M30	10	30	20	3
30	60	10	20	36	M32	20	40	10	4

**Додаток В**  
**Варіанти завдань для програмування вертикально-свердильного верстата з ЧПК**



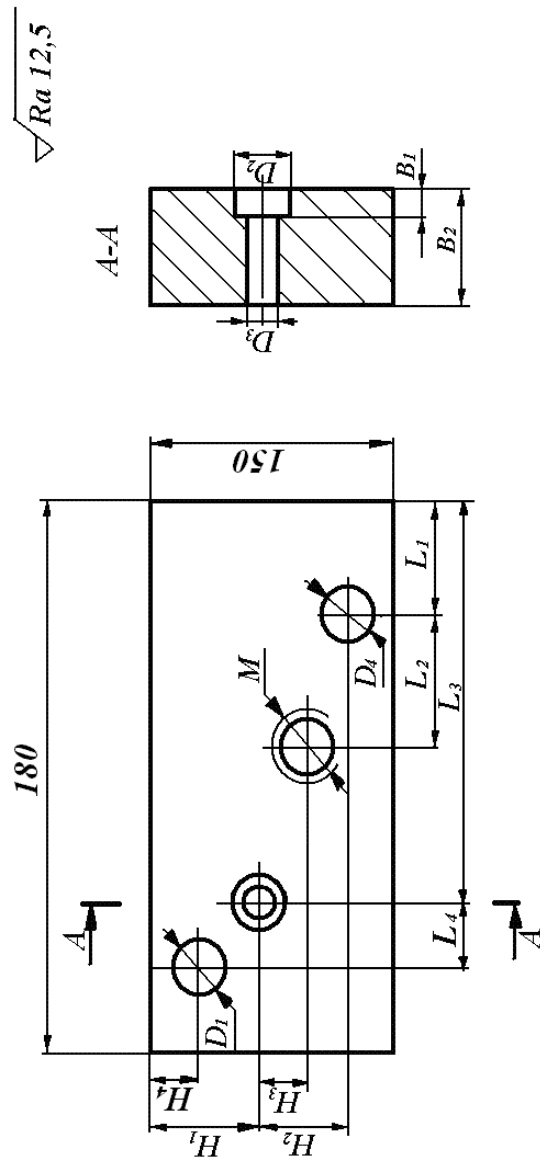
Варіант	Матеріал	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	M
1	Сталь 45	20	32	85	42	39	135	10,7	11,8	4,8	9,7	5	14	M6
2	Сталь 40X	22	34	95	45	37	142	8,7	12,8	5,8	7,8	4	15	M8
3	Сталь 35XГС	24	35	94	47	35	139	9,7	13,8	6,7	6,7	6	17	M10
4	Чавун СЧ21	28	36	101	39	41	137	10,7	14,8	7,8	6,7	7	21	M8
5	Чавун КЧ35-10	27	37	103	43	34	134	4,7	15,8	8,7	5,8	8	23	M10
6	Алюмінієвий сплав	25	42	108	46	38	143	6,7	12,8	5,8	4,8	10	26	M12

# Продовження додатку В



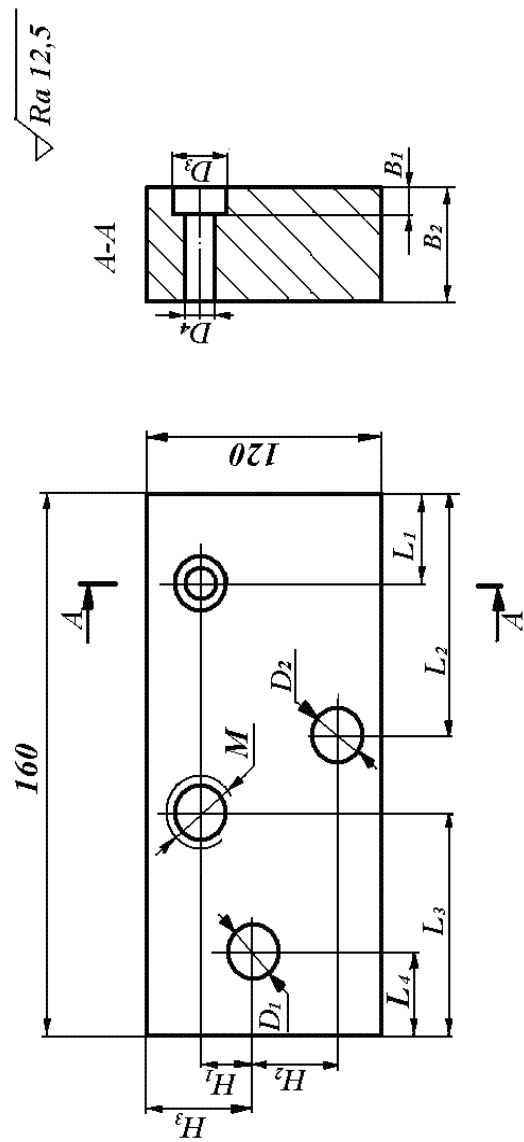
Варіант	Матеріал	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$B_1$	$B_2$	M
7	Сталь 45	49	35	28	29	27	81	33	4,8	12,8	6,7	9,4	5	22	M6
8	Сталь 40X	52	37	32	39	30	83	41	5,8	13,8	7,8	8,7	4	20	M8
9	Сталь 35XГС	51	39	31	37	25	84	43	7,8	14,8	8,7	6,7	6	17	M10
10	Чавун СЧ21	54	33	30	36	26	85	45	6,7	15,8	9,7	5,8	7	18	M8
11	Чавун КЧ35-10	53	31	39	31	29	87	44	9,7	11,8	4,8	7,8	4	20	M10
12	Алюмінієвий сплав	57	31	35	38	39	89	47	8,7	14,8	5,8	4,8	8	21	M12

# Продовження додатку В



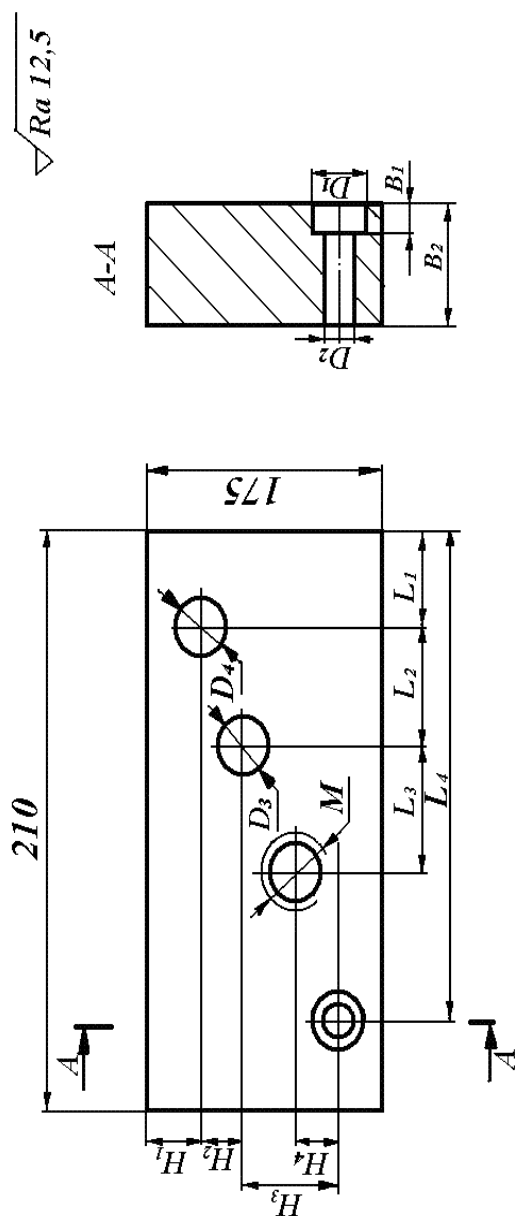
Варіант	Матеріал	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	M
13	Сталь 45	49	64	33	29	27	23	83	38	5,8	12,8	4,8	8,7	5	24	M10
14	Сталь 40X	51	68	37	27	29	34	89	37	8,7	13,8	5,8	4,8	4	23	M8
15	Сталь 35XГС	47	66	35	23	23	32	84	41	4,8	14,8	8,7	9,7	6	22	M6
16	Чавун СЧ21	53	69	34	28	28	36	82	43	8,7	19,8	9,7	6,7	7	25	M8
17	Чавун КЧ35-10	48	71	39	25	32	27	88	39	9,7	16,8	7,8	7,8	4	26	M10
18	Алюмінієвий сплав	46	74	41	24	34	37	85	40	6,7	17,8	8,9	8,9	8	21	M12

# Продовження додатку В



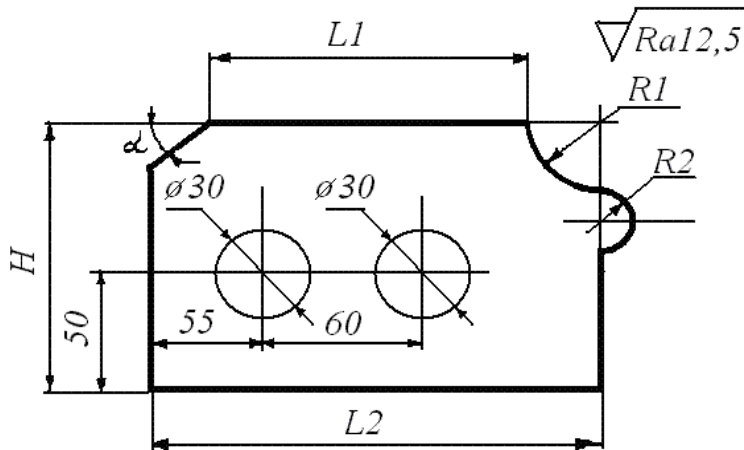
Варіант	Матеріал	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	M
19	Сталь 45	21	32	55	29	53	64	25	5,8	4,8	13,8	8,7	6	20	M10
20	Сталь 40X	23	34	49	28	57	62	29	7,8	8,7	12,8	6,7	5	23	M8
21	Сталь 35XГС	24	45	53	37	62	69	27	4,8	10,7	16,8	9,7	4	24	M6
22	Чавун СЧ21	27	39	59	33	61	67	21	9,7	9,7	14,8	4,8	5	19	M6
23	Чавун КЧ35-10	25	41	57	31	64	68	28	9,7	7,8	15,8	5,8	6	21	M8
24	Алюмінієвий сплав	29	37	62	36	67	61	32	4,8	6,7	15,8	7,8	8	18	M12

## Продовження додатку В



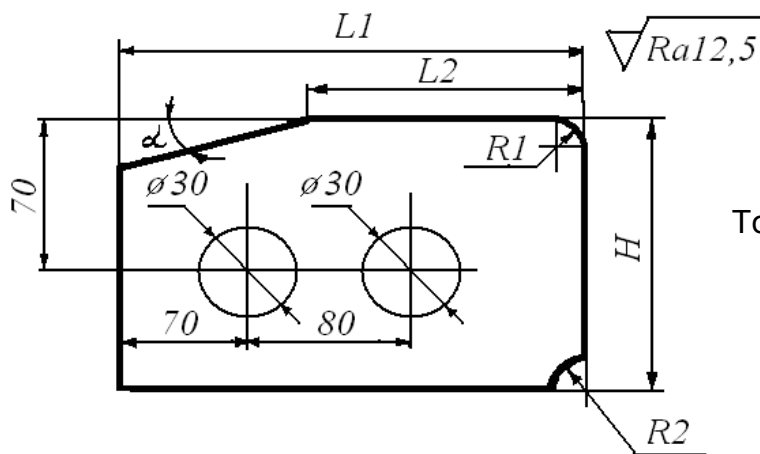
Варіант	Матеріал	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	M
25	Сталь 45	23	32	62	28	41	41	36	154	17,8	8,7	10,7	8,7	5	24	M10
26	Сталь 40X	25	39	64	29	47	47	34	159	16,8	12,8	14,2	4,8	4	23	M8
27	Сталь 35ХГС	29	38	69	33	49	49	39	162	15,8	10,7	6,7	9,7	6	22	M6
28	Чавун СЧ21	27	37	67	36	44	44	37	169	14,8	9,7	5,8	6,7	7	25	M12
29	Чавун КЧ35-10	33	34	68	39	45	45	41	173	13,8	7,8	8,7	7,8	4	26	M8
30	Алюмінієвий сплав	31	36	63	37	46	46	43	177	12,8	6,7	9,7	8,9	8	21	M10

**Додаток Г**  
**Варіанти завдань для програмування вертикально-фрезерного**  
**верстата з ЧПК**



Товщина деталі 18 мм

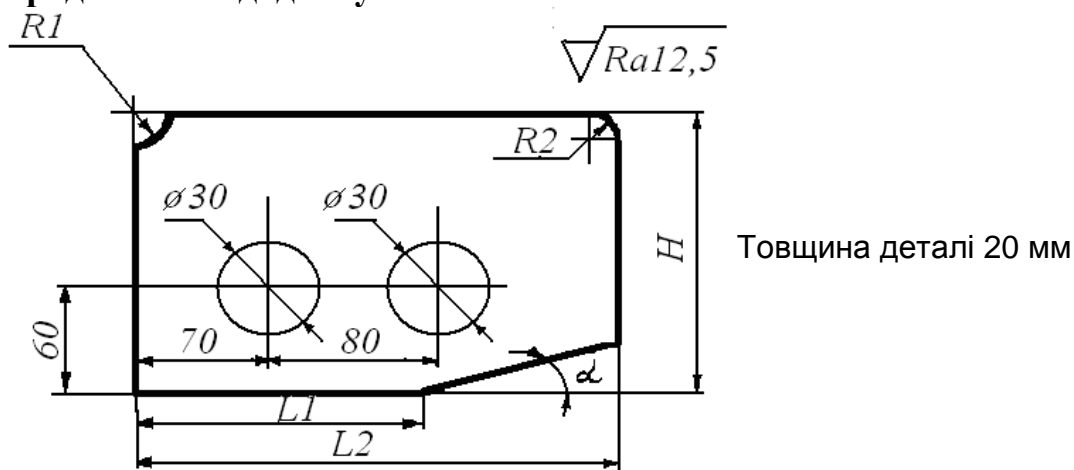
Варіант	Матеріал	Глибина різання	L1	L2	R1	R2	$\alpha$	H
1	Сталь	1	111	230	37	33	25	183
2	Чавун	2	123	240	32	34	30	187
3	Алюм.сплав	5	119	253	34	25	35	182
4	Сталь	4	117	207	35	32	20	184
5	Чавун	5	125	242	33	38	25	189
6	Алюм.сплав	2	124	189	31	26	30	177



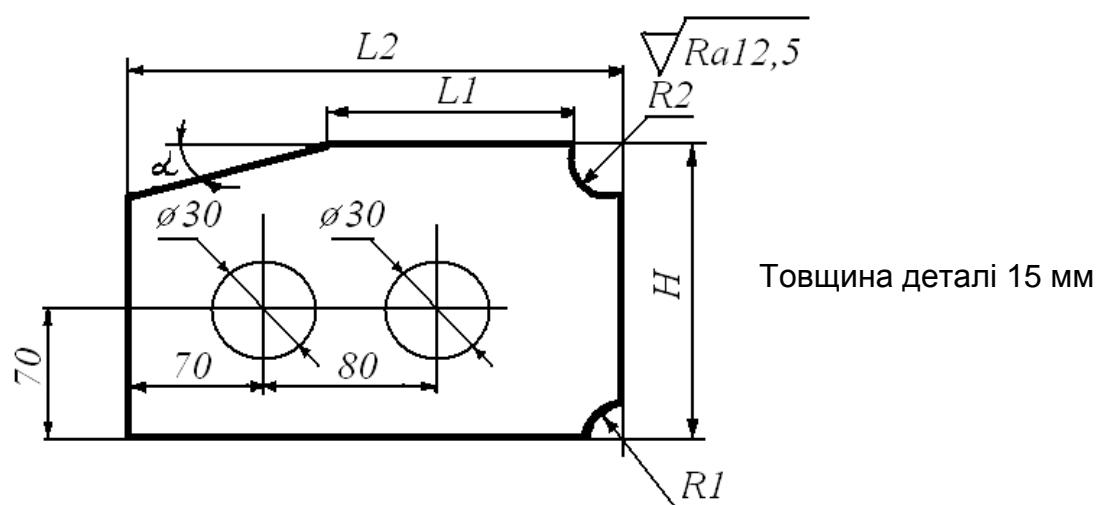
Товщина деталі 13 мм

Варіант	Матеріал	Глибина різання	L1	L2	R1	R2	$\alpha$	H
7	Сталь	2	231	174	92	39	30	139
8	Чавун	1	242	162	54	33	15	144
9	Алюм.сплав	2	247	179	57	37	20	157
10	Сталь	4	253	163	62	34	35	151
11	Чавун	5	259	181	59	38	25	149
12	Алюм.сплав	4	239	167	51	40	10	153

# Продовження додатку Г



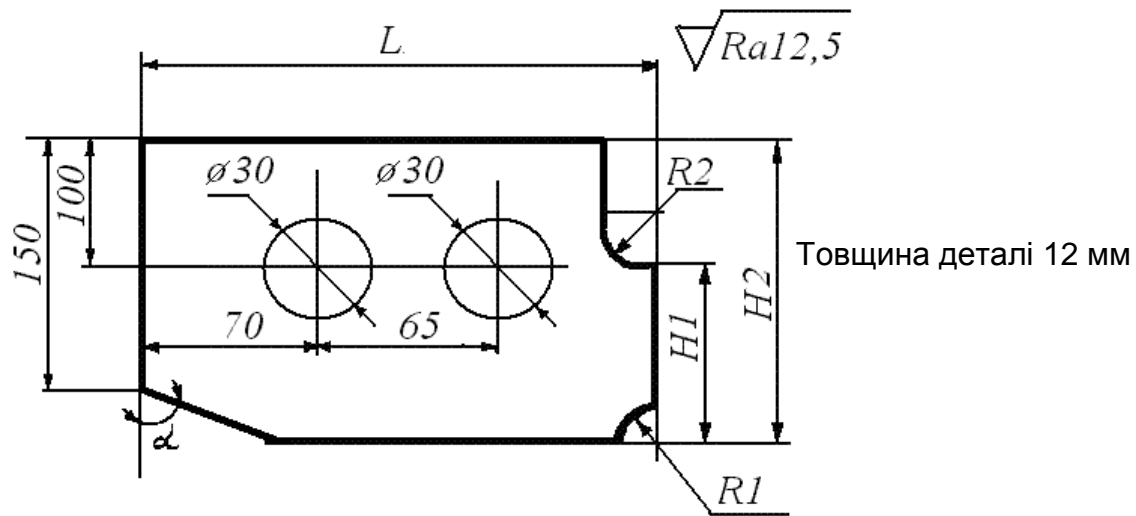
Варіант	Матеріал	Глибина різання	L1	L2	R1	R2	$\alpha$	H
13	Сталь	1	181	235	43	31	45	142
14	Чавун	2	184	239	47	35	30	157
15	Алюм.сплав	3	182	241	41	27	35	153
16	Сталь	4	189	247	53	34	30	151
17	Чавун	5	183	253	49	28	45	154
18	Алюм.сплав	4	181	251	46	33	30	162



Варіант	Матеріал	Глибина різання	L1	L2	R1	R2	$\alpha$	H
19	Сталь	4	82	217	33	48	15	171
20	Чавун	5	84	193	37	61	10	184
21	Алюм.сплав	2	83	207	29	54	20	173
22	Сталь	2	89	197	34	67	15	179
23	Чавун	1	87	223	39	43	10	177
24	Алюм.сплав	5	85	214	35	59	20	176



## Продовження додатку Г



Варіант	Матеріал	Глибина різання	L	H1	H2	$\alpha$	R1	R2
25	Сталь	4	221	85	180	45	31	37
26	Чавун	5	217	83	187	40	42	32
27	Алюм.сплав	2	244	71	184	30	34	39
28	Сталь	1	232	79	193	15	37	34
29	Чавун	2	239	77	177	25	31	35
30	Алюм.сплав	4	241	83	192	30	29	40