

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання індивідуального завдання з дисципліни

«Програмування верстатів з ЧПК»

Складання керуючої програми
для токарного верстата з ЧПК

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальностей
131 – «Прикладна механіка», 133 – «Галузеве машинобудування»)
(Електронне видання)*

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри
машинобудування та прикладної механіки
Протокол № 6 від 10.01.2024 р.

Київ – 2024

УДК 004.896

Методичні вказівки до виконання індивідуального завдання з дисципліни «Програмування верстатів з ЧПК». (для здобувачів вищої освіти спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування») (Електронне видання) / Уклад.: О.М. Логунов, – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2024. – 28 с.

Методичні вказівки призначені для здобувачів вищої освіти денної форми навчання, які вивчають дисципліну «Програмування верстатів з ЧПК». Посібник містить методику та приклад складання керуючої програми для токарного верстата з ЧПК. Методичні матеріали розраховані на студентів закладів вищої освіти.

Укладач

О. М. Логунов, к.т.н., доц.

Рецензент

О. С. Кроль, к.т.н., проф.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. Завдання	5
2. Короткі відомості з інструкції із програмування	6
2.1 Структура програми.....	6
2.2. Призначення СЧПК	6
2.3. Застосовувані адреси функцій.....	6
2.4. Система координат токарного верстата	7
2.5. Підготовчі функції.....	8
2.6. Розмірні переміщення	8
2.7. Програмування переміщень по дузі окружності.....	9
2.8. Програмування частоти обертання шпинделя.....	10
2.9. Програмування подачі.....	10
2.10. Значення допоміжних функцій	10
3. Виконання розрахунково-технологічної карти.....	12
3.1. Приклад оформлення розрахунково-технологічної карти	13
3.2. Таблиця координат точок і режимів різання.....	14
4. Приклад керуючої програми.....	16
5. Перевірка керуючої програми	18
ЛІТЕРАТУРА.....	20
ДОДАТОК 1	21
ДОДАТОК 2.....	23

ВСТУП

Верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК) в наш час складають основу технологічного обладнання будь-якого сучасного машинобудівного підприємства. За 60 років свого існування верстати з ЧПК пройшли гігантський шлях від найпростіших свердлильних верстатів з позиційними системами керування до багатоопераційних верстатів, з можливістю програмного керування по 9 координатам. Високі показники точності та можливість використання швидкісних режимів обробки роблять верстати з ЧПК незамінними при виготовленні складних деталей розроблених з використанням систем автоматизованого проектування (САПР). Максимально реалізувати технологічні можливості обладнання з ЧПК можливо лише в режимі автоматизованої розробки керуючих програм(КП) для даного обладнання. Цю задачу вирішують підсистеми які входять до складу систем САПР.

Існує багато виробників систем числового програмного керування (СЧПК), деякі з яких пропонують власні мови програмування, але переважна більшість обладнання може працювати із кодом ISO 7bit, тому під час складання програми потрібно орієнтуватись на цей стандарт.

1. Завдання

Для складання програми необхідні вхідні дані: геометрія деталі, технологічні операції, обладнання, інструменти, режими різання. Розрахунок вхідних даних – предмет дисципліни «Технологія машинобудування».

Необхідно привести основні технічні дані застосовуваного або рекомендованого до застосування верстата з ЧПУ. Основні відомості включають найменування верстата, позначення моделі, призначення верстата, область застосування, клас точності, граничні значення переміщень виконавчих органів, діапазони й конкретні значення чисел обертів шпинделя, діапазони й конкретні значення робочих подач, потужність привода головного руху й приводів подач, число позицій інструментальної головки, габаритні розміри й інші необхідні відомості.

Відомості про пристрій ЧПУ (УЧПУ) містять позначення пристрою, кількість керованих координат, найбільша кількість одночасно керованих координат, дискретність завдання переміщень, максимальне програмоване переміщення, вид системи відліку (абсолютна, у збільшеннях), межі програмованих подач, типи датчиків зворотного зв'язку та пристрою введення даних, габаритні розміри й таке інше.

Передбачається розробка тексту керуючої програми (УП) з написанням коментарів до кожного кадра.

2. Короткі відомості з інструкції із програмування

2.1 Структура програми

Керуюча програма являє собою послідовність найпростіших команд, таких як лінійне й кругове переміщення інструмента в задані координати, включення - відключення обертання шпинделя, зміна частоти обертання шпинделя, подачі й ін. Керуюча програма є послідовністю програмних кадрів, збережених у системі керування. Під час виконання обробки деталі ці кадри зчитуються й перевіряються комп'ютером у запрограмованому порядку. Відповідні керуючі сигнали надходять на верстат.

Керуюча програма ЧПУ складається з:

- номера програми;
- кадрів керуючої програми;
- слів;
- адрес;
- числових комбінацій (для адрес осей частково зі знаком).

2.2. Призначення СЧПК

СЧПК - пристрій типу CNC (Computer Numerically Controlled), призначений для оперативного керування верстатами з ЧПК. Програма набирається на комп'ютері, підключеному до верстата з ЧПК, і зберігається на жорсткому диску. У кожному кадрі керуючої програми може бути використана тільки одна функція (слово).

2.3. Застосовувані адреси функцій

- О - номер програми від 1 до 9499 для програм обробки та підпрограм;
- N - номер кадра від 1 до 9999;
- G - підготовча функція;

- X, Z - координати крапки в системі відліку верстата;
- F - швидкість подачі, крок різьблення;
- S - швидкість обертання шпинделя, швидкість різання;
- T - виклик інструмента й корекції на нього;
- M - допоміжна функція;
- ; - кінець блоку (кадра, програми).

2.4. Система координат токарного верстата

На токарному верстаті EMCO Consept Turn 55 використовується двокоординатна система переміщень (рис. 1): поздовжня - вісь заготовки (координата Z) і поперечна (координата X). Для зручності користувача значення по координаті X задається діаметром. Це дає можливість порівнювати дійсний розмір безпосередньо з розмірами на кресленні.

Нульова точка верстата (R) – це фізична позиція, встановлена виробником верстата за допомогою кінцевих вимикачів або датчиків. Після включення верстата необхідно перемістити виконавчі органи в його нульову точку, для того щоб СЧПК змогла визначити або «обнулити» їх машинну позицію, або, інакше кажучи, потрібно синхронізувати СЧПК та верстат. Справа в тому, що в момент включення верстата СЧПК ще не знає реального положення виконавчих органів, і якщо не виконати повернення в нуль, то верстат просто «відмовиться» працювати. Коли виконавчий орган приходить у нульову точку верстата, то відбувається замикання контактів спеціального датчика або кінцевого вимикача, СЧПК одержує електричний сигнал і машинна позиція обнуляється. Процедура повернення в нуль верстата є стандартною, і для її здійснення будь-який верстат має спеціальний режим і відповідні клавіші на панелі СЧПК.

Компенсація довжини інструмента на більшості сучасних верстатів активується командою G43, а відміняється за допомогою G49 або H00. При створенні УП програміст не вказує прямо значення довжини інструмента (він ще

не знає точної довжини), а використовує «посилання» на відповідний реєстр компенсації інструмента в пам'яті СЧПК.

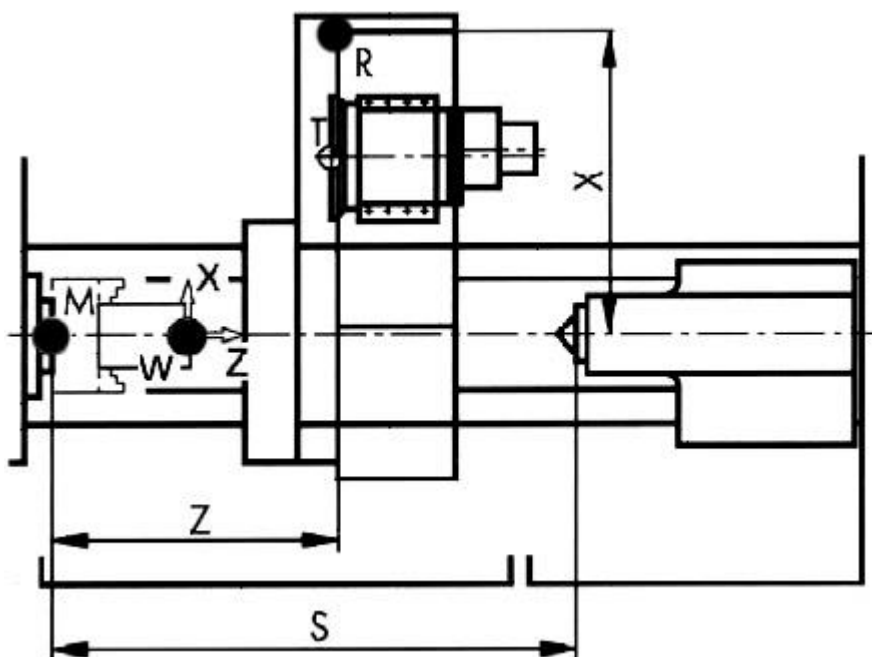


Рис. 1. Система координат верстата.

2.5. Підготовчі функції

- G00 - прискорене переміщення;
- G01 - лінійна інтерполяція;
- G02 - кругова інтерполяція за годинниковою стрілкою;
- G03 - кругова інтерполяція проти годинникової стрілки; G94 - подача в мм/хв;
- G95 - подача в мм/об.

2.6. Розмірні переміщення

Розмірні переміщення задаються в абсолютній системі відліку. Дискретність переміщень - 0,001 мм по обох осях.

2.7. Програмування переміщень по дузі окружності

Формат

N... G02 (G03) X... Z... R... F...

X, Z - кінцева точка дуги;

R - радіус дуги;

F - швидкість подачі.

Інструмент переміщається в кінцеву точку уздовж установленної дуги із запрограмованою швидкістю подачі. На рис. 2 показано переміщення інструмента по дузі окружності проти годинникової стрілки (по G03).

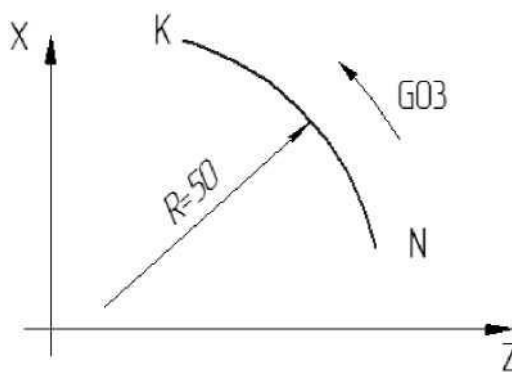


Рис. 2. Визначення напрямку переміщення по дузі окружності

Примітка:

- уведення R з позитивним знаком дає дугу, меншу за 180° , негативний дає дугу, більшу за 180° (рис. 3).
- повна окружність не може бути запрограмована за допомогою R.
- напрям обертання для функцій G02, G03 завжди визначається над віссю обертання (тобто в першій чверті декартової системи координат), незалежно від того, як установлений інструмент на верстаті (над або під віссю обертання).

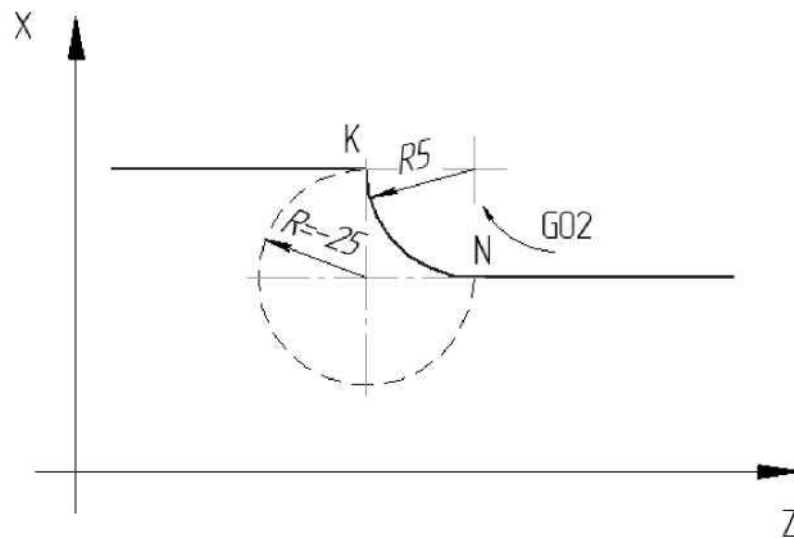


Рис. 3. До визначення напрямку переміщення по дузі окружності

2.8. Програмування частоти обертання шпинделя

Привод верстата забезпечує безступінчасте регулювання частоти обертання шпинделя в межах діапазону. Перший діапазон: 120...2000 об/хв, другий діапазон: 280...4000 об/хв. Частота обертання задається прямим кодом.

Наприклад, $n = 600$ об/хв - «S600».

2.9. Програмування подачі

Подача за замовчуванням задається в мм/об з дискретністю 0,01 мм/об.

Наприклад: $S_0 = 0,1$ мм/об- «F0,1».

Крім цього є можливість задавати подачу в мм/хв, використовуючи підготовчу функцію G94.

Наприклад: $S_0 = 100$ мм/хв - «G94 F100».

2.10. Значення допоміжних функцій

M02 - кінець програми;

M03 - обертання шпинделя за годинниковою стрілкою;

M04 - обертання шпинделя проти годинникової стрілки;

M05 - останов шпинделя;

M30 - кінець керуючої програми.

Значення інших допоміжних функцій можна знайти в Додатку 1.

3. Виконання розрахунково-технологічної карти

РТК являє собою траєкторію переміщення інструмента під час обробки деталі (рис. 4), а також координати опорних точок переміщення (рис. 5), використовуваний різальний інструмент і режими різання. Перед складанням РТК необхідно визначити послідовність обробки деталі із призначенням припусків на обробку. Після цього нанести на креслення деталі траєкторію переміщення різального інструменту й визначити координати опорних точок, вибрати режими різання (частоту обертання деталі й подачу) і занести дані в таблицю РТК.

Якщо під час обробки деталі на верстаті зі ЧПУ використовується тільки один різальний інструмент, то його можна не вносити в таблицю.

Розрахунково-технологічна карта (РТК) служить вихідним документом:

- технологу-програмісту для розрахунків керуючої програми;
- оператору верстата з ЧПУ для настроювання верстата на обробку деталі;
- конструктору (у вигляді технічних умов) на проектування затискного оснащення та спеціального різального інструменту.

3.2. Таблица координат точек і режимів різання

№ точки	X	Z	S, мм/ про	n, про/хв
0	20	5	0,12	2000
1	12,75	0		
2	12,75	-45		
3	14	-45		
4	14	5		
5	10,25	5		
6	-26	-26	0,3	600
7	13	-26		
8	13	5		
9	7,75	5		
10	7,75	-26	0,12	2000
11	9	-26		
12	9	-24,4		
13	7,75	-24,4	0,05	1700
14	7,25	-26		
15	10,25	-26		
16	10,25	5		
17	6,75	5		
18	6,75	0		
19	9,75	-3		
20	9,75	0		
21	7,25	0		
22	7,25	-15		
23	9,25	-17		
0	20	5		

0	20	5	0,2	600
24	14	-39		
25	-2	-39		
0	20	5		

Таблиця координат точок і режимів різання

4. Приклад керуючої програми

Кадр УП	Коментарі
O0001 (VAL);	Номер програми (назва)
N1 G26 M20;	Включення охолодження
N5 G00 X20 Z5;	Прискорене переміщення в точку зміни інструмента
N10 T0202 (FINISHING TOOL SVJC (08));	Зміна інструмента, включення коректора на інструмент
N15 M3 S2000;	Обертання шпинделя проти годинникової стрілки із частотою обертання 2000 об/хв.
N20 X12.75 Z0;	Прискорене переміщення в точку 1
N25 G01 Z-45 F0.12;	Переміщення в точку 2 з подачею 0,12 мм/-об.
N30 G00 X14Z-45;	Прискорене переміщення в точку 3
N35 X14Z5;	Прискорене переміщення в точку 4
N40 X10.25;	Прискорене переміщення в точку 5
N45 G01 Z-26 S600 F0.3;	Переміщення в точку 6 з подачею 0,3 мм/об. і частотою обертання шпинделя 600 об/хв
N50 X13;	Переміщення в точку 7
N55 G00 Z5;	Прискорене переміщення в точку 8
N60 X7.75;	Прискорене переміщення в точку 9
N65 G01 Z-26 S2000 F0.12;	Переміщення в точку 10 з подачею 0,12 мм/хв. і частотою обертання шпинделя на 2000 об/хв
N70 X9 ;	Переміщення в точку 11
N75 Z-24.4;	Переміщення в точку 12
N80 X7.75;	Переміщення в точку 13

N85 X7.5 Z-26 S1700 F0.05;	Переміщення в точку 14 з подачею 0,05 мм/хв. і частотою обертання шпинделя на 1700 об/хв
N90 X10.25;	Переміщення в точку 15
N95 G00 Z5;	Прискорене переміщення в точку 16
N100 X6.75;	Прискорене переміщення в точку 17
N105 G01 Z0;	Переміщення в точку 18
N110 X9.75 Z-3;	Переміщення в точку 19
N115 Z0;	Переміщення в точку 20
N120 X7.5;	Переміщення в точку 21
N125 Z-15;	Переміщення в точку 22
N130 X9.5 Z-17;	Переміщення в точку 23
N135 G00 X20 Z5;	Прискорене переміщення в точку зміни інструмента
N140 T0505;	Зміна інструмента на відрізний різець
N145 S600;	Установка обертання шпинделя 600 про/хв
N150 X14 Z-39;	Прискорене переміщення в точку 24
N155 G01 X-2 F0.2;	Переміщення в точку 25 з подачею 0,2 мм/хв.
N160 G00 X20 Z5;	Прискорене переміщення в точку зміни інструмента
N165 M30;	Кінець програми

5. Перевірка керуючої програми

Помилка в програмі обробки може привести до поломки інструмента, псуванню деталі, ушкодженню верстата або травми оператора. Основний метод перевірки УП на комп'ютері полягає в графічній симуляції обробки. Така симуляція може виглядати як промальовування траєкторії центру інструмента або як повна імітація механічної обробки на верстаті з демонстрацією процесу видалення матеріалу. У першому випадку програміст може виявити помилку в УП, просто спостерігаючи за траєкторією переміщення центру інструмента на моніторі комп'ютера. Така симуляція називається бекплотом (Backplot). Бекплот дозволяє легко побачити помилку, яку важко розпізнати при простому перегляді коду УП.

Твердотільна верифікація (від англ. verification – перевірка) є потужним інструментом по перевірці УП на комп'ютері. На відміну від бекплота, програми твердотільної верифікації демонструють процес видалення матеріалу заготовки й дозволяють побачити повний результат роботи УП – модель готової деталі. На отриману «віртуальну» деталь можна подивитися з різних сторін і зрозуміти, чи всі елементи виконані правильно, чи немає зарізів і зіткнень інструмента із заготовкою.

Бекплот звичайно використовують у процесі написання й налагодження програми, а твердотільну верифікацію – лише на заключному етапі перевірки.

Одним з найпоширеніших редакторів для роботи із програмами для верстатів зі ЧПУ є CIMCO Edit.

Для побудови бекплота (рис. 6) досить демо-версії програми.

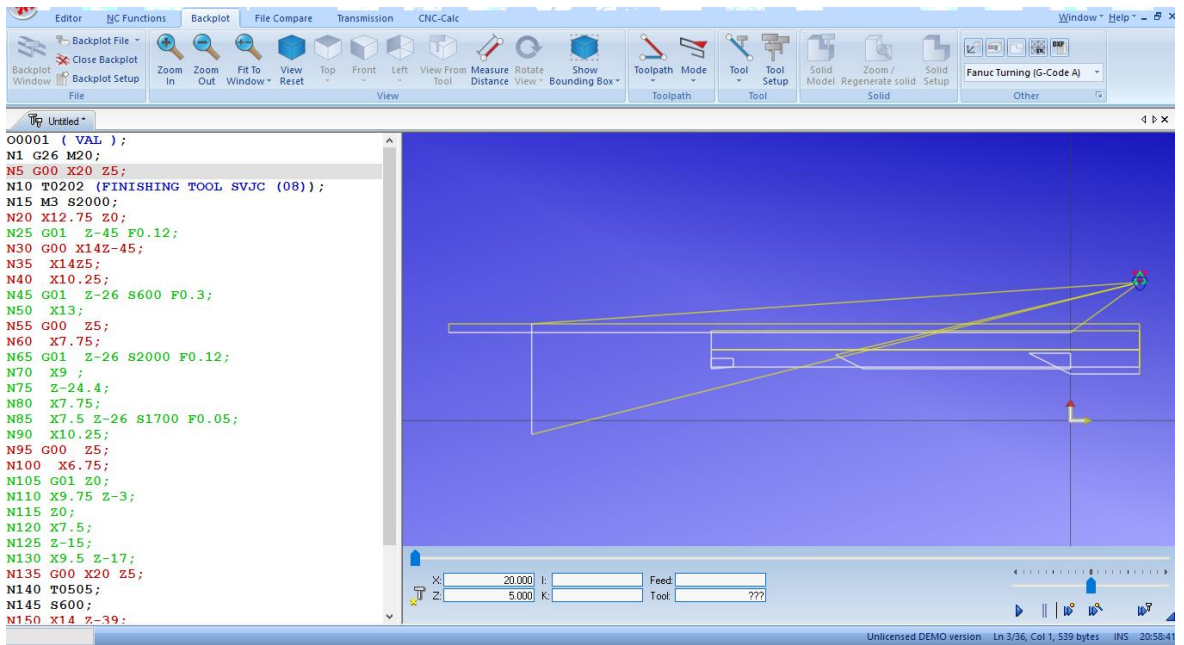


Рис. 6. Траекторія руху інструмента, виконана в програмі SIMCO Edit.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дмитрієв Ю.О., Мацулевич О.Є., Щербина В.М., Холодняк Ю.В. Проектування керуючих програм для верстатів токарної групи з пристроєм числового програмного керування: навч. посібник. - Мелітополь: Люкс 2018 132 с.;
2. Програмування верстата з ЧПУ : методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту бакалавра для студентів спеціальностей 7.05050201 «Технології машинобудування». 7.05050302 «Інструментальне виробництво» / уклад. В. М. Частка. - Х. : НТУ «ХП», 2013. - 65 с.
3. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. Навчальний посібник./ уклад. Муляр Ю. І., Дерібо О. В. - Вінниця: ВНТУ 2004. - 91 с.
4. Стадник, В. А. Розрахунок та конструювання валів. Вибір підшипників кочення за динамічною вантажопідйомністю [Електронний ресурс] : навчальний посібник / В. А. Стадник ; НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 15,2 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – 128 с.

ДОДАТОК 1

Перелік основних кодів

Команда або адресна буква	Призначення
N	Порядковий номер кадра
G-Коди	Технологічна команда завдання режиму елементарних переміщень; режиму операцій
G00	Позиціонування (переміщення осі на холостому ході)
G01	Лінійна інтерполяція (переміщення при роботі)
G02 03	Кругова інтерполяція за годинниковою стрілкою й проти на робочому ході
G04	Витримка часу (пауза)
G25	Установка зони заборони переміщень
G26	Скасування зони заборони переміщень
G27	Однопрохідний поздовжній цикл
G28	Однопрохідний цикл поздовжнього різьбонарізування
G29	Однопрохідний поперечний цикл
G33	Нарізування різьблення з постійним кроком
G39	Однопрохідний цикл поперечного різьбонарізування
G37	Вихід у фіксовану точку
G38	Повернення з фіксованої крапки
G53	Скасування лінійного зрушення
G54-G59	Лінійне зрушення (завдання системи координат деталі)
G60	Однопрохідний чистовий цикл
G61	Багатопохідний чорновий поздовжній цикл
G62	Багатопохідний чорновий поперечний цикл
G65	Цикл нарізування канавок циліндричних
G66	Багатопохідний чорновий цикл поздовжнього різьбонарізування
G67	Багатопохідний чорновий цикл поперечного різьбонарізування
G68	Багатопохідний чорновий копіювальний цикл
G69	Цикл нарізування торцевих канавок
G83	Цикл глибокого свердління
G84	Цикл нарізування різьблення мітчиком або плашкою
G90	Абсолютний розмір
G91	Розмір у збільшеннях

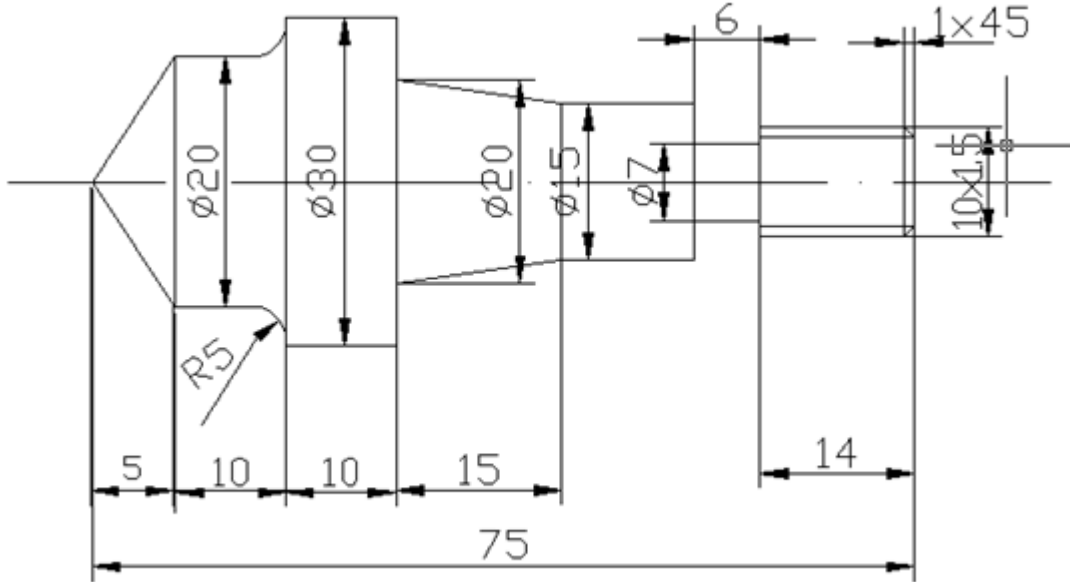
Закінчення табл. 1

Команда або адресна буква	Призначення
G92	Установка абсолютного накопичувача положення
G94	Подача в мм/хв
G95	Подача в 1/хв
G96	Постійна швидкість у м/хв
G97	Скасування постійної швидкості різання
M-Коди	Допоміжна команда
M00	Програмувальний останов
M01	Останов з підтвердженням
M02	Кінець програми
M03	Обертання шпинделя за годинниковою стрілкою
M04	Обертання шпинделя проти годинникової стрілки
M05	Останов шпинделя
M06	Зміна інструмента
M10	Затискач деталі на фрезерному верстаті
M11	Разжим деталі на фрезерному верстаті
M12	Реверс головного привода
M17	Кінець керуючої програми
M19	Орієнтований останов шпинделя
M30	Кінець УП з поверненням у початок
X, Y, Z	Значення координат, наприклад, пов'язані з деталлю
U, V, W	Величини збільшення по X, Y, Z. Значення іншої системи координат, зв'язані на прикладі з деталлю або з верстатом
I, J, K	Координати центру дуги окружності. Значення даних по осях X, Y, Z; програмування може здійснюватися на радіус або на діаметр
R	Радіус дуги окружності, мм
F	Швидкість подачі, мм/хв
S	Частота обертання шпинделя, про/хв
T	Номер коректора інструмента (інструмент може переміщатися по 3 координатах)
P	Тривалість паузи, номер підпрограми, номер фіксованої крапки, параметр команди
Q	Параметр команди (значення Q у якихось величинах, мм, с)

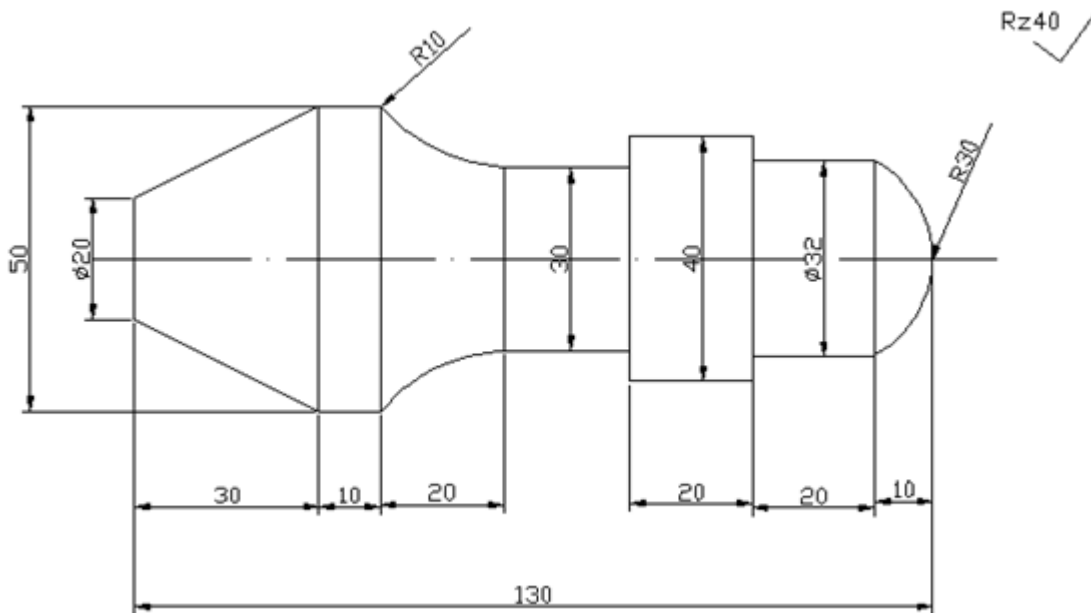
ДОДАТОК 2

Ескізи деталей для виконання завдань по складанню керуючої програми

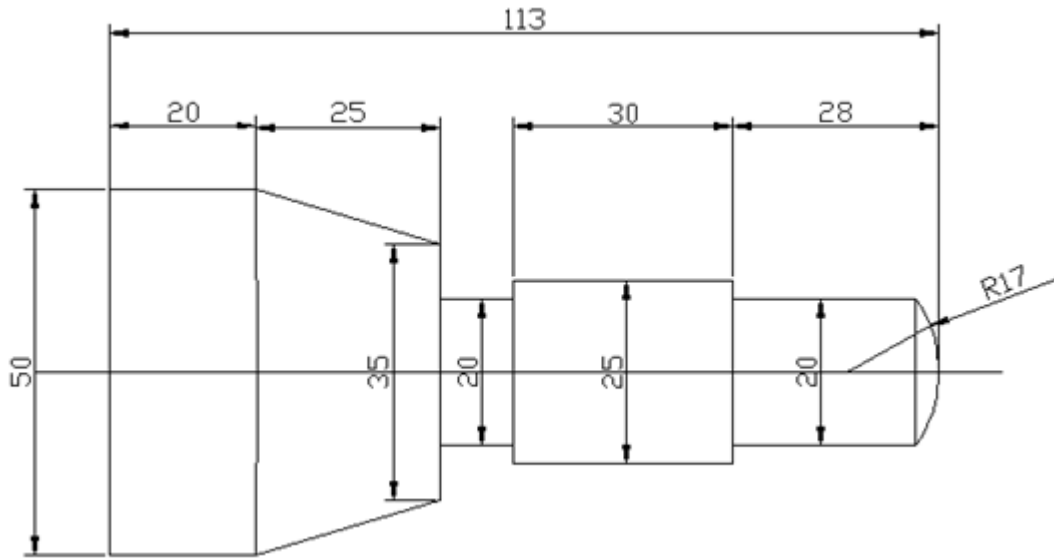
Деталь 1



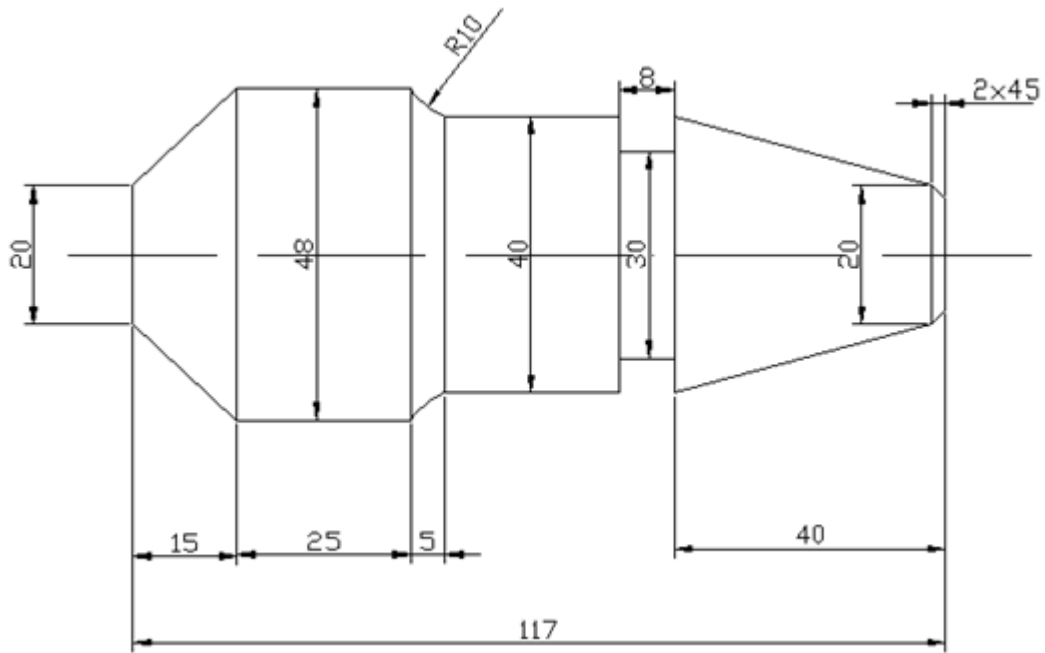
Деталь 2



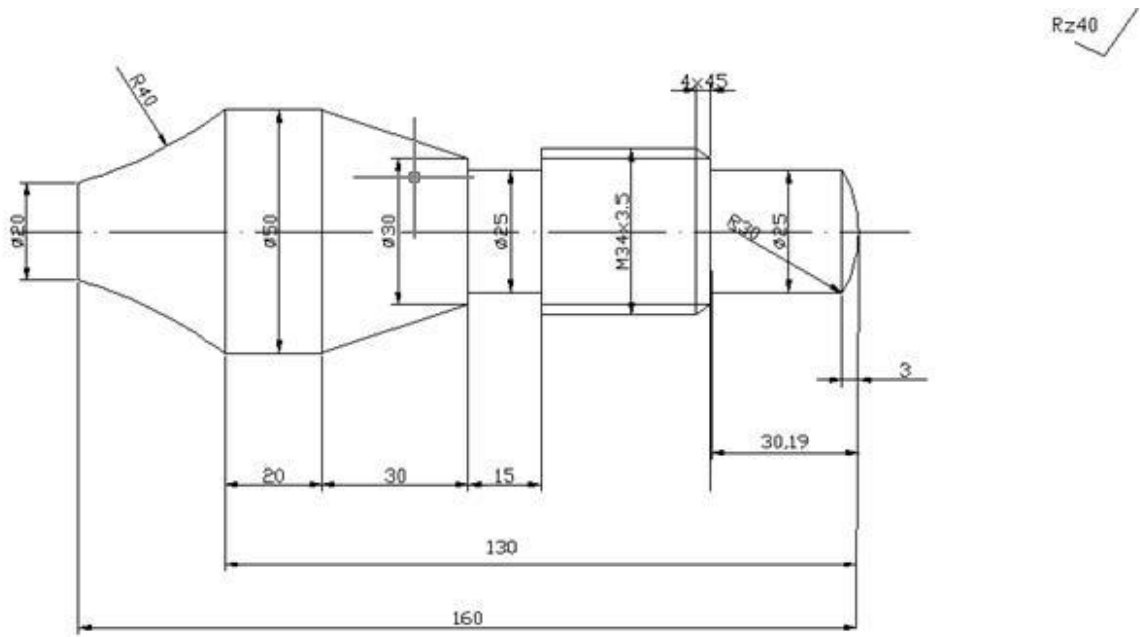
Деталь 3



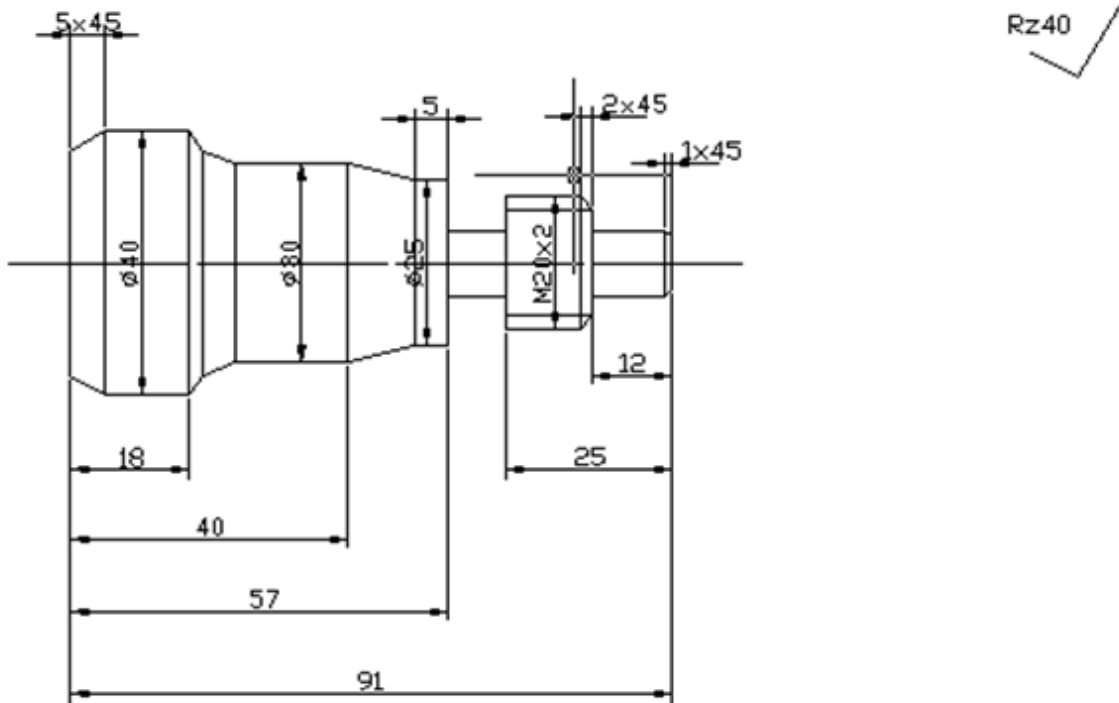
Деталь 4



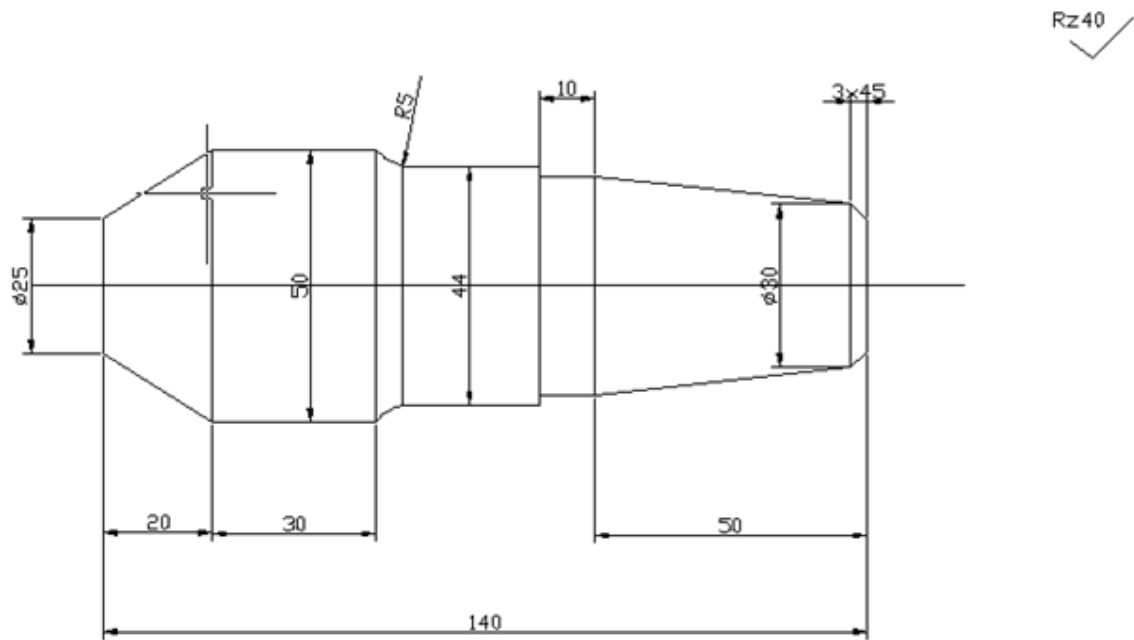
Деталь 5



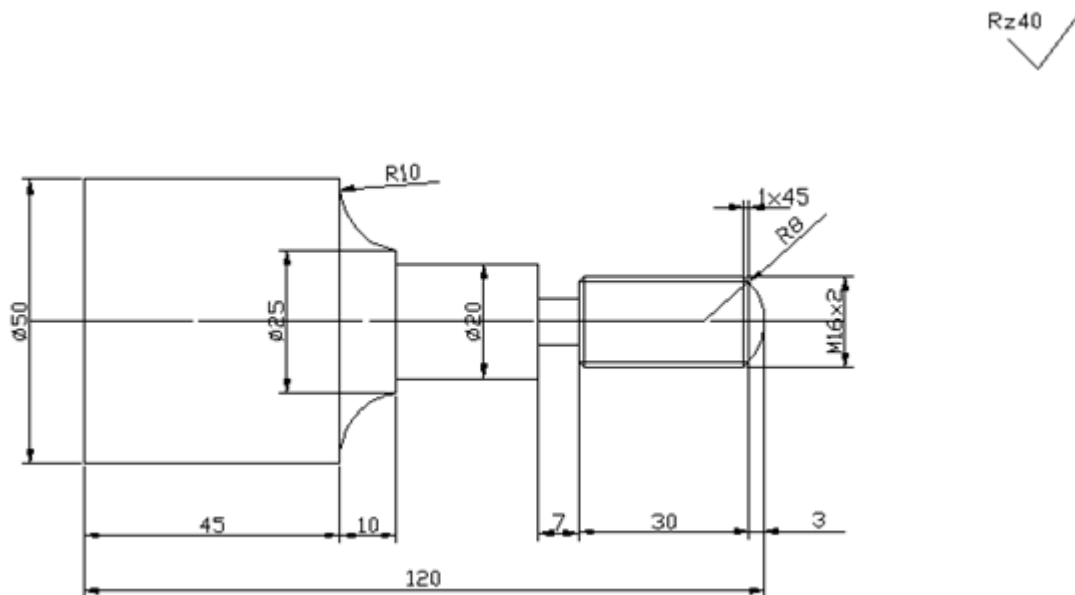
Деталь 6



Деталь 7

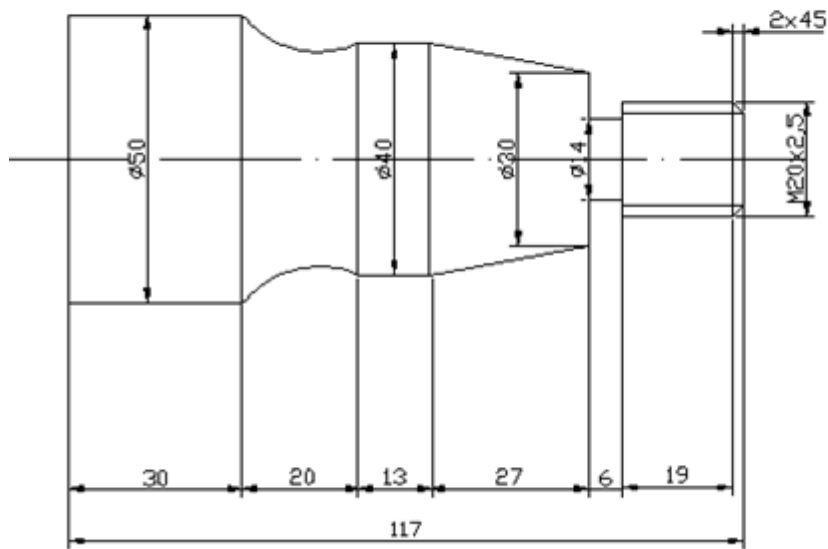


Деталь 8



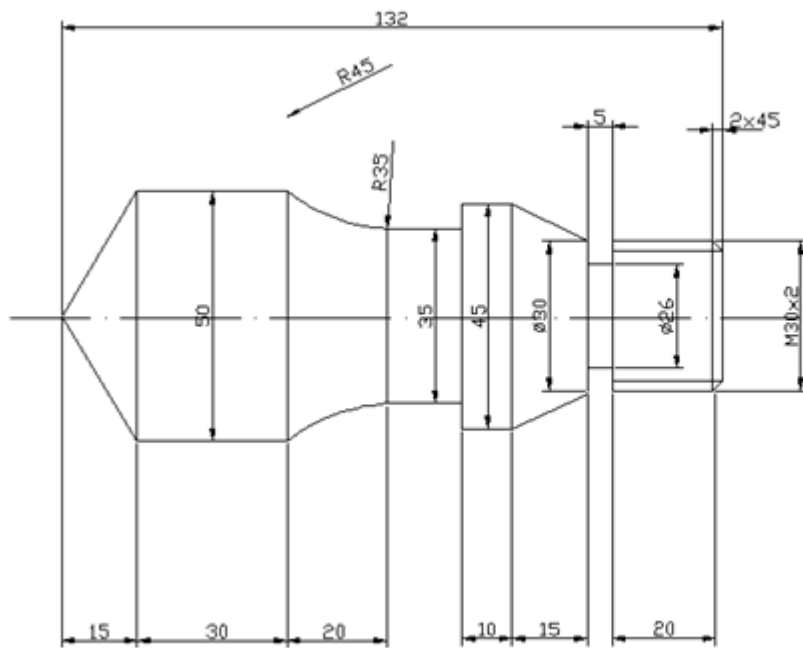
Деталь 9

Rz40



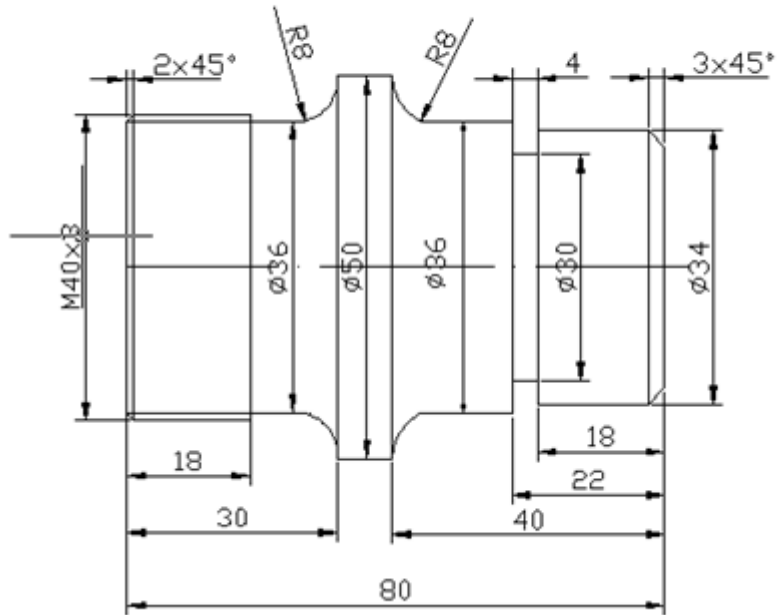
Деталь 10

Rz40



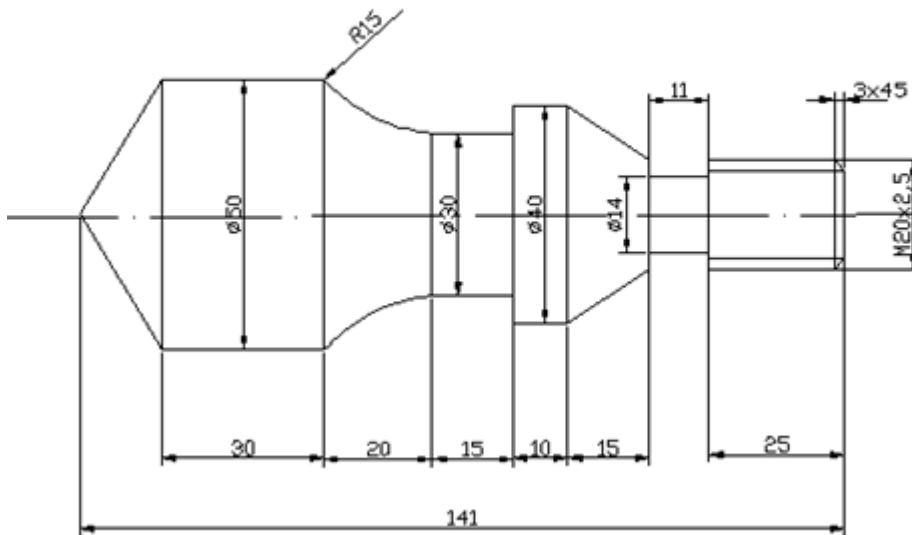
Деталь 11

Rz40



Деталь 12

Rz40



Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання індивідуального завдання з дисципліни

«ПРОГРАМУВАННЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПК»

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти
спеціальностей

131 – «Прикладна механіка»,

133 – «Галузеве машинобудування

(Електронне видання)

Укладач:

Олександр Миколайович Логунов

Оригінал-макет О.М. Логунов

Підписано до друку __.__.202__.

Формат 60x84 1/16. Папір типогр. Гарнітура Times.

Друк офсетний. Умов. друк. арк. ____. Обл.-вид. арк. ____.

Тираж __ экз. Вид. № ____. Замов. № _____. Ціна договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса університета: вул. Іоанна Павла 2, 17

м. Київ, 01042, Україна

e-mail: vidavnictvoSNU.ua@gmail.com.