



Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

СИСТЕМИ ПРОГРАМНОГО ТА СЛІДКУЮЧОГО КЕРУВАННЯ РУХОМ

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за освітньою
програмою «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод
та електромобільність»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2020

Системи програмного та слідкуючого керування рухом: розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс]: навч. пос. для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Д. Л. Приступа, С. В. Король, Ю. М. Зайченко, М. М. Желінський. – Електронні текстові дані (1 файл: 584 Кбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 29 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 4 від 10.12.2020 р.)
за поданням Вченої ради факультету електроенерготехніки та автоматики
(протокол № 2 від 28.09.2020 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

СИСТЕМИ ПРОГРАМНОГО ТА СЛІДКУЮЧОГО КЕРУВАННЯ РУХОМ

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

Укладачі:

Приступа Д.Л., к.т.н., ас.
Король С. В., к. т. н., доц.
Зайченко Ю. М., ас.
Желінський М. М., ас.

Відповідальний редактор:
Рецензент

Теряєв В.І., к. т. н., доц.
Чумак В.В., к. т. н., доц. кафедри
електромеханіки факультету
електроенерготехніки та автоматики
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Навчальний посібник включає завдання, методичні матеріали щодо виконання та оформлення розрахунково-графічної роботи з кредитного модуля «Системи програмного та слідкуючого керування рухом». Представлений матеріал дозволить студентам освоїти на практиці мову програмування ЧПК G-код, ознайомитись з процедурою розробки 3D моделі деталі за її кресленням, навчитися розробляти програму для обробки деталей на станках з ЧПК, включаючи налаштування інструменту, вибір режиму роботи станка, формування траєкторій руху та інше. Посібник призначений для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
ВСТУП	4
1 ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ	5
1.1 Склад і основний принцип роботи ЧПК.....	5
1.2 Програмне забезпечення	8
2 ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНУ РОБОТУ	11
2.1 Вимоги до програми обробки деталі.....	11
2.2 Варіанти завдань	11
3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ..	17
3.1 Загальні відомості про програмування обробки деталей на станках з ЧПК.....	17
3.2 Структура програми.....	17
3.3 Структура кадру	18
3.4 Структура слова	18
3.5 Основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням	20
3.5.1 Програмування номера кадру N	20
3.5.2 Програмування підготовчих функцій G	20
3.5.3 Програмування переміщень по осям X, Z при лінійній інтерполяції .	22
3.5.4 Програмування швидкості подачі F	22
3.5.5 Програмування частоти обертання шпинделя S	23
3.5.6 Програмування вибору інструменту (T).....	23
4 СКЛАД, ОБСЯГ ТА СТРУКТУРА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ	24
5 ПОРЯДОК ЗАХИСТУ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ.....	26
ДОДАТОК А Зразок титульного аркуша	27
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	28

ВСТУП

Розвиток числового програмного керування (ЧПК) має приблизно тридцятирічну історію. Цей процес протікає настільки стрімко, що в техніці не так просто знайти інший аналогічний приклад.

Змінювалися покоління електронних пристроїв числового програмного керування, принципово змінювалися їхні можливості, що накладало відбиток на конструкцію і функціональний зв'язок із самим об'єктом керування. Основна властивість верстатів з числовим програмним керуванням – це їх гнучкість, тобто швидкість переналагодження, що на порядок вище гнучкості верстатів автоматів на основі копіювання, командоапаратів, кінцевих вимикачів і т.д.

У результаті розвитку пристроїв числового програмного керування, побудованих за структурою електронно обчислювальної машина (ЕОМ), створені високопродуктивні технологічні модулі, до складу яких входять: багатоопераційний верстат з автоматичною зміною інструменту, транспортно накопичувальна система, що дозволяє проводити заміну деталі на заготовку, система контролю і регенерації відходів.

Мета розрахунково-графічної роботи – закріпити знання основ програмування систем з числовим програмним керуванням, навчитися вирішувати практичні задачі автоматизації процесу обробки, отримати навички реалізації та дослідження систем з числовим програмним керуванням.

У методичних вказівках поданні основні теоретичні відомості, необхідні для підготовки, виконання та наступного захисту роботи. Для поглибленого вивчення матеріалу, що стосується теми досліджень, необхідно звернутися до рекомендованої літератури.

Завдання на розрахунково-графічну роботу (РГР) містить 50 варіантів. Звіт з роботи подається на аркушах паперу формату А4 з урахуванням вимог ДСТУ 3008:2015.

1 ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Числове програмне керування – комп'ютеризована система керування, яка зчитує інструкції спеціалізованої мови програмування P/G код і в реальному часі керує приводами метало-, дерево-, пластмасооброблюючими станками та допоміжними пристроями. Керуюча інформація для систем числового програмного керування є дискретною і її обробка в процесі керування здійснюється цифровими методами. Керування технологічними циклами в більшості випадків здійснюється за допомогою програмованих логічних контролерів (ПЛК), що реалізуються на основі принципів цифрових електронних обчислювальних пристроїв.

1.1 Склад і основний принцип роботи ЧПК

У загальному вигляді структуру комплексу "Верстат з числовим програмним керуванням" можна представити у вигляді трьох блоків, кожен з яких виконує своє завдання: керуюча програма (КП), пристрій числового програмного керування (ПЧПК) і власне верстат. Всі блоки комплексу працюють взаємопов'язано в єдиній структурі.

Керуюча програма містить збільшене кодоване описання всіх стадій обробки виробу.

У пристрої числового програмного керування керуюча інформація відповідно до керуючої програми транслюється, а потім використовується в обчислювальному циклі, результатом якого є формування оперативних команд в реальному масштабі машинного часу верстата.

Верстат є основним споживачем інформації, що управляє, виконавчою частиною, об'єктом керування, а в конструктивному відношенні – несучою конструкцією, на якій змонтовані механізми з автоматичним керуванням, пристосовані до прийому оперативних команд від пристрою числового програмного керування, яке є основним елементом у загальній системі керування обладнанням. Функціональність реальної системи числового

програмного керування (СЧПК) визначається ступенем реалізації цілого ряду функцій при керуванні:

1. Введення і зберігання системного програмного забезпечення (ВПЗ).
2. Введення, зберігання КП та реалізацію вихідної інформації.
3. Інтерпретація кадру.
4. Інтерполяція.
5. Керування приводами подач.
6. Керування приводом головного руху.
7. Логічне керування.
8. Корекція на розміри.
9. Реалізація циклів обробки.
10. Зміна інструменту.
11. Корекція похибок механічних і вимірювальних пристроїв.
12. Адаптивне керування процесом обробки.
13. Накопичення статистичної інформації.
14. Автоматичний вбудований контроль.

Додаткові функції:

1. Обмін інформацією з системами верхнього рівня, оптимізацію окремих режимів і циклів технологічного процесу.
2. Узгоджене керування обладнанням технологічного модуля.
3. Керування елементами автоматичної транспортно-складської системи.
4. Керування зовнішніми пристроями; зв'язок з оператором.
5. Технічна діагностика технологічного обладнання та самої системи числового програмного керування та ін.

Для роботи пристрою числового програмного керування має бути відповідним чином запрограмованим. Для цього подібні системи мають спеціальне програмно-математичне забезпечення, що представляє собою комплекс алгоритмів переробки інформації, що надходить у вигляді керуючої програми. Математичне забезпечення може вводиться в систему через

пристрій введення, як і основна керуюча програма. Тоді система числового програмного керування відноситься до класу вільно програмованих. В інших випадках математичне забезпечення закладається в постійну пам'ять системи на стадії її виготовлення. Однак, у всіх випадках існують можливості для зміни, доповнення, збагачення цього математичного забезпечення, в силу чого подібні системи числового програмного керування мають велику гнучкість і здатність до функціонального нарощування. Числове програмне керування може бути як складовою частиною обладнання, що постачається, так і пристроєм, що використовується при модернізації вже наявних в експлуатації верстатів. Моделей числового програмного керування досить багато, ці пристрої виробляються як вітчизняними, так і зарубіжними фірмами. Від рівня моделі числового програмного керування та її функціоналу залежать багато технологічних характеристик обладнання керування даною системою з числовим програмним керуванням.

У загальному випадку у числовому програмному керуванні виділяють наступні дані:

- кількість одночасно керованих осей;
- кількість цифрових входів / виходів;
- забезпечувана дискретність приводів подач;
- обсяги оперативної пам'яті і пам'яті жорсткого диска базового комп'ютера числового програмного керування;
- інтерфейс обміну;
- характер і схеми компенсацій похибок;
- види і схеми корекцій;
- функції інтерполяції;
- графічний інтерфейс;
- функції "перегляд кадрів вперед"/"керування розгоном-гальмуванням";
- додаткові технологічні програми та підпрограми;
- вимірювальні цикли та ін.

Конструктивно пристрої числового програмного керування виконано як автономний електронний агрегат, що має пристрій введення керуючої програми, обчислювальну частину, електричний канал зв'язку з автоматичними механізмами верстата.

Досконаліші системи ЧПК, що позначаються як CNC, засновані на процесорі з оперативною пам'яттю, з операційною системою, приводи управляються власними мікроконтролерами. Програма для верстатів з ЧПК може бути завантажена з зовнішніх носіїв, наприклад, дискет або з звичайних або спеціалізованих флеш-накопичувачів. Крім цього, сучасне обладнання та верстати з ЧПК підключаються до комп'ютерних мереж підприємства. Верстати з ЧПК характеризуються цілою низкою переваг. Оскільки технологічний процес автоматизований, тобто керування здійснюється за внесеною в систему програмою, збільшується точність обробки матеріалу. В результаті, верстати з ЧПК дозволяють істотно знизити відсоток браку. Крім того, автоматизація процесу обробки верстатами з ЧПК сприяє істотному підвищенню продуктивності. Таким чином, завдяки високій швидкості і точності обробки матеріалу, керовані верстати з ЧПК збільшують ефективність виробництва в кілька разів.

1.2 Програмне забезпечення

Принципова особливість верстата з числовим програмним керуванням – це робота по керуючій програмі, на якій записані цикл роботи обладнання для обробки конкретної деталі і технологічні режими. При зміні оброблюваної на верстаті деталі необхідно просто змінити програму, що скорочує на 80...90 % трудомісткість переналагодження в порівнянні з трудомісткістю цієї операції на верстатах з ручним керуванням.

Керуюча система зчитує інструкції спеціалізованої мови програмування (наприклад, G-код) програми, який потім інтерпретатором системи числового програмного керування перекладається з вхідної мови в команди керування головним приводом, приводами подач, контролерами

керування вузлів верстата (наприклад, включити / виключити подачу охолоджуючої емульсії).

Щоб отримати готовий виріб з використанням верстата з ЧПК необхідно провести кілька підготовчих операцій. На першому етапі по заздалегідь підготовленим кресленням в спеціальних комп'ютерних програмах створюється модель виробу в 2D або 3D форматі. Потім програмі задаються параметри робочого інструменту (різця, фрези, лазера) і комп'ютер проводить розрахунок траєкторій руху інструменту. Після вибору оптимальної траєкторії, отримані вектори переводяться в буквено-цифровий код – керуючу програму, зрозумілу для конкретної моделі верстата з ЧПК.

Керуюча програма вводиться в операційну пам'ять процесора верстата з ЧПК. Після її запуску процесор в певному порядку віддає команди силовим вузлам і агрегатам на виконання тих чи інших операцій для зміни позиції оброблюваної заготовки або різального інструменту.

Розробка керуючих програм в даний час виконується з використанням спеціальних модулів для систем автоматизованого проектування (САПР) або окремих систем автоматизованого програмування (САП), які генерують програму обробки.

Для визначення необхідної траєкторії руху робочого органу в цілому (інструменту/заготовки) відповідно до керуючої програми використовується інтерполятор, що розраховує положення проміжних точок траєкторії по заданих у програмі.

У системі керування, крім самої програми, присутні дані інших форматів і призначень. Як мінімум, це машинні дані і дані користувача, які спеціально прив'язані до конкретної системи керування або до певної серії (лінійки) однотипних моделей систем керування.

Програма для верстата (обладнання) з числовим програмним керуванням може бути завантажена з зовнішніх носіїв наприклад, магнітної стрічки, перфорованої паперової стрічки (перфострічки), дискети або флеш-накопичувачів у власну пам'ять або тимчасову, до виключення живлення – в

оперативну пам'ять або постійну на карту пам'яті або інший накопичувач: жорсткий диск або твердотільний накопичувач. Крім цього, сучасне обладнання підключається до централізованих систем керування за допомогою заводських (цехових) мереж зв'язку.

Найбільш поширена мова програмування ЧПК для металорізального обладнання описана документом ISO 6983 Міжнародного комітету зі стандартизації і називається «G-код». В окремих випадках – наприклад, системи керування гравірувальними верстатами – мова програмування принципово відрізняється від стандарту. Для простих завдань, наприклад, розкрою плоских заготовок, система числового програмного керування в якості вхідної інформації може використовувати текстовий файл у форматі обміну даними – наприклад DXF або HPGL.

2 ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНУ РОБОТУ

2.1 Вимоги до програми обробки деталі

Скласти керуючу програму для обробки деталі на токарному верстаті з ЧПК для заданого варіанту.

Програма повинна включати:

- завдання режиму обробки геометричної інформації;
- керування увімкненням шпинделя;
- керування вибором та зміною інструменту;
- підхід інструменту до початкової точки контуру обробки з високою швидкістю;
- керування обробкою деталі по заданому контуру;
- вмикання та вимикання охолодження на заданих ділянках обробки;
- переміщення інструменту від деталі на 10 мм;
- повернення інструменту в нульову точку;
- керування вимкненням шпинделя.

При цьому передбачається, що обробка деталі здійснюється за один підхід, одним інструментом, з однією швидкістю подачі та на одній частоті обертання шпинделя.

2.2 Варіанти завдань

Кожен студент розробляє програму для обробки деталі відповідно до номера свого варіанту, який видається викладачем.

Ескіз деталі для заданого варіанту вибирають з рис. 2.1 – 2.5, геометричні розміри – з табл. 2.1, а технологічні параметри – з табл. 2.2.

Варіанти 1- 10.

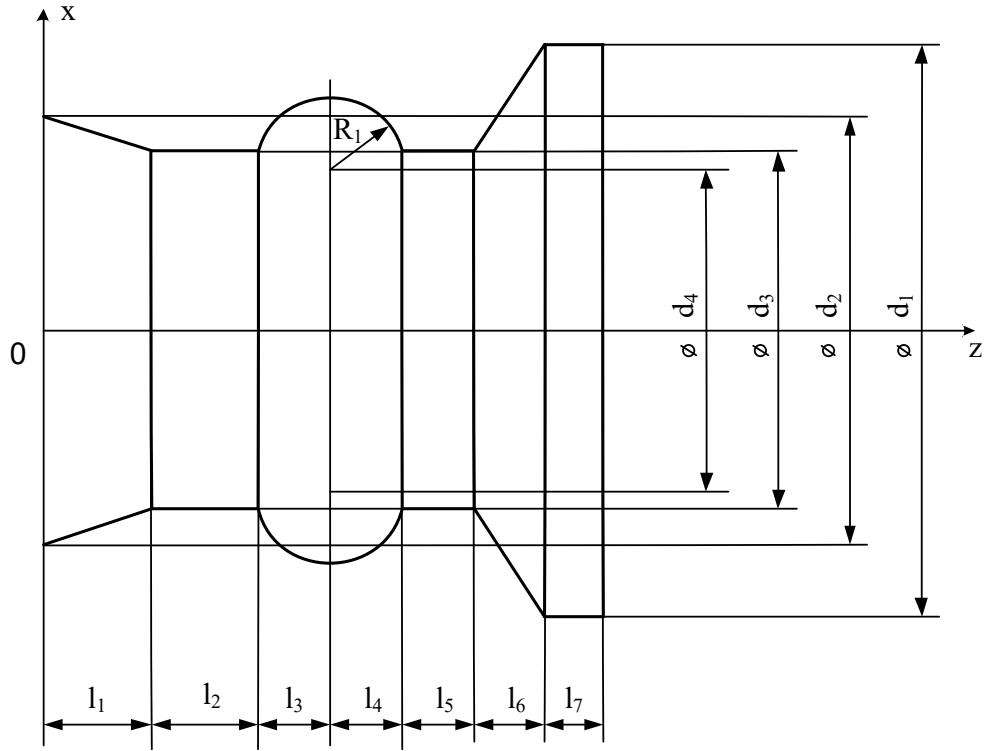


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі №1

Варіанти 11- 20.

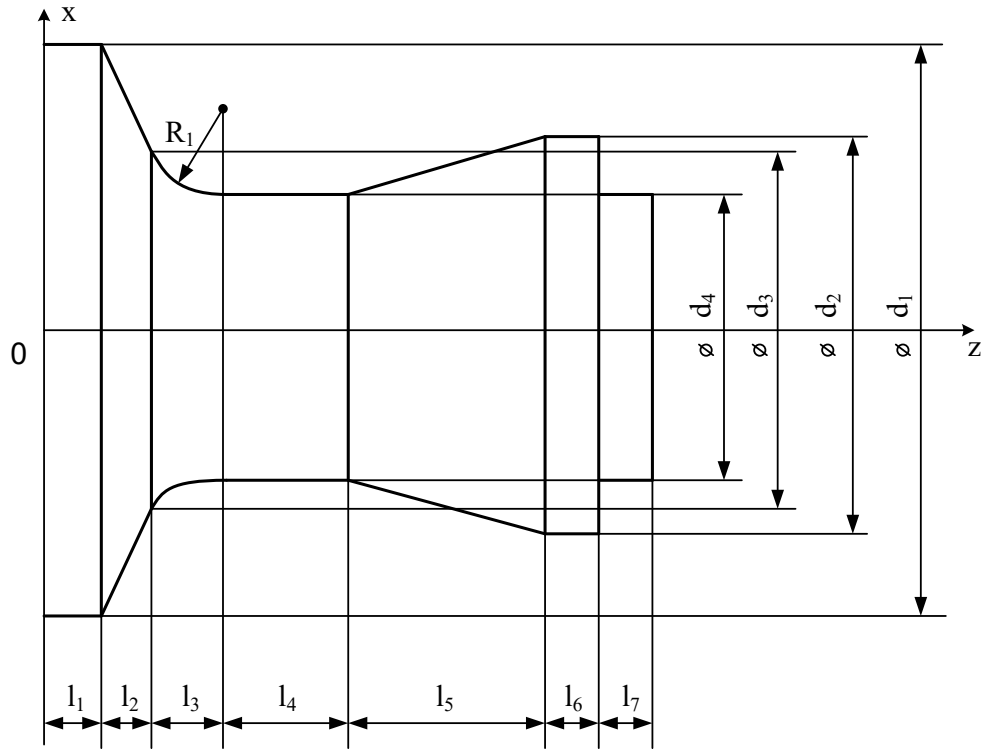


Рисунок 2.2 – Ескіз деталі №2

Варіанти 21- 30.

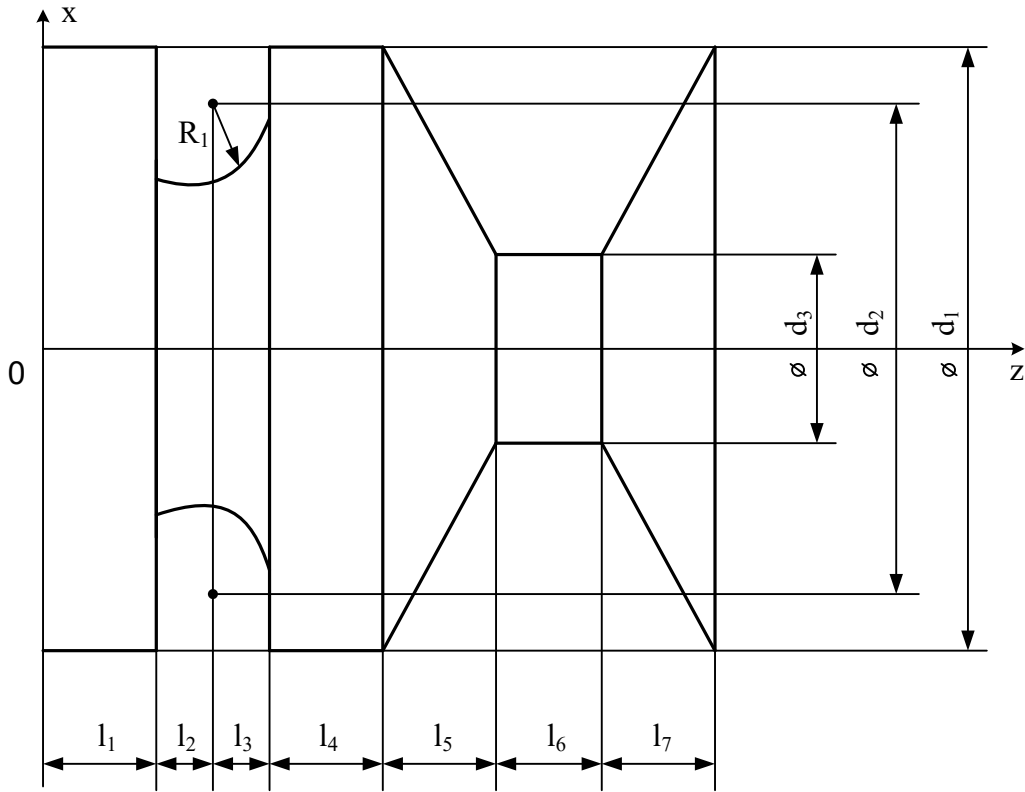


Рисунок 2.3 – Ескіз деталі №3

Варіанти 31- 40.

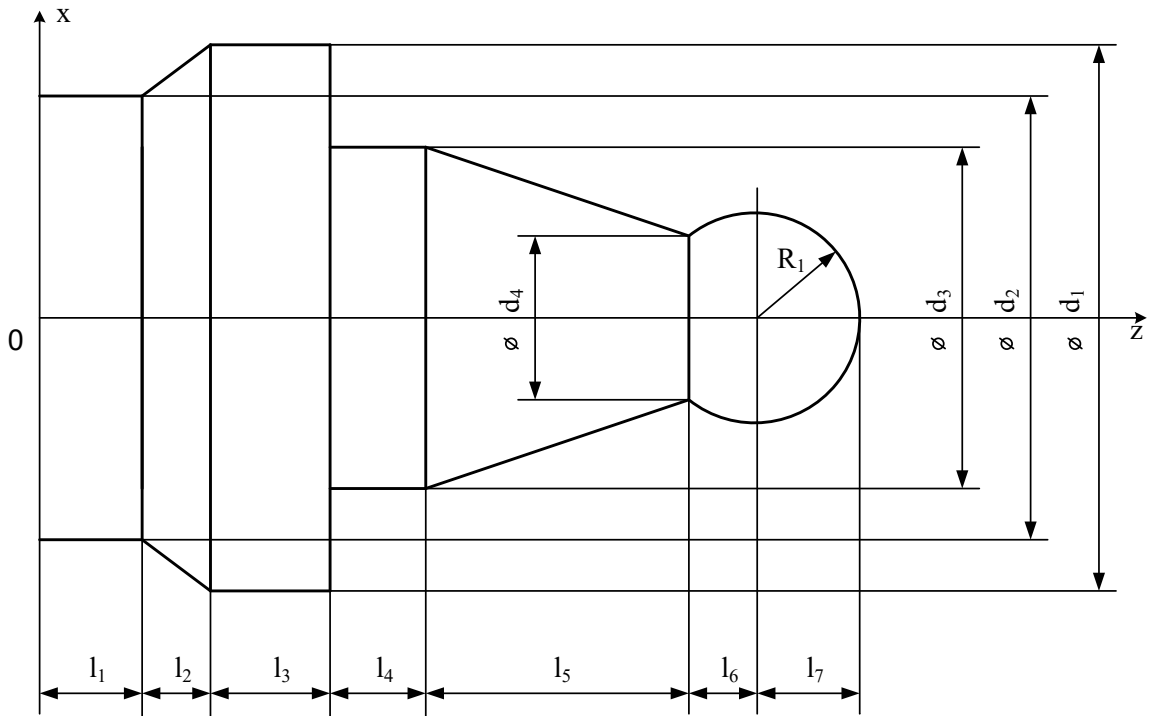


Рисунок 2.4 – Ескіз деталі №4

Варіанти 41- 50.

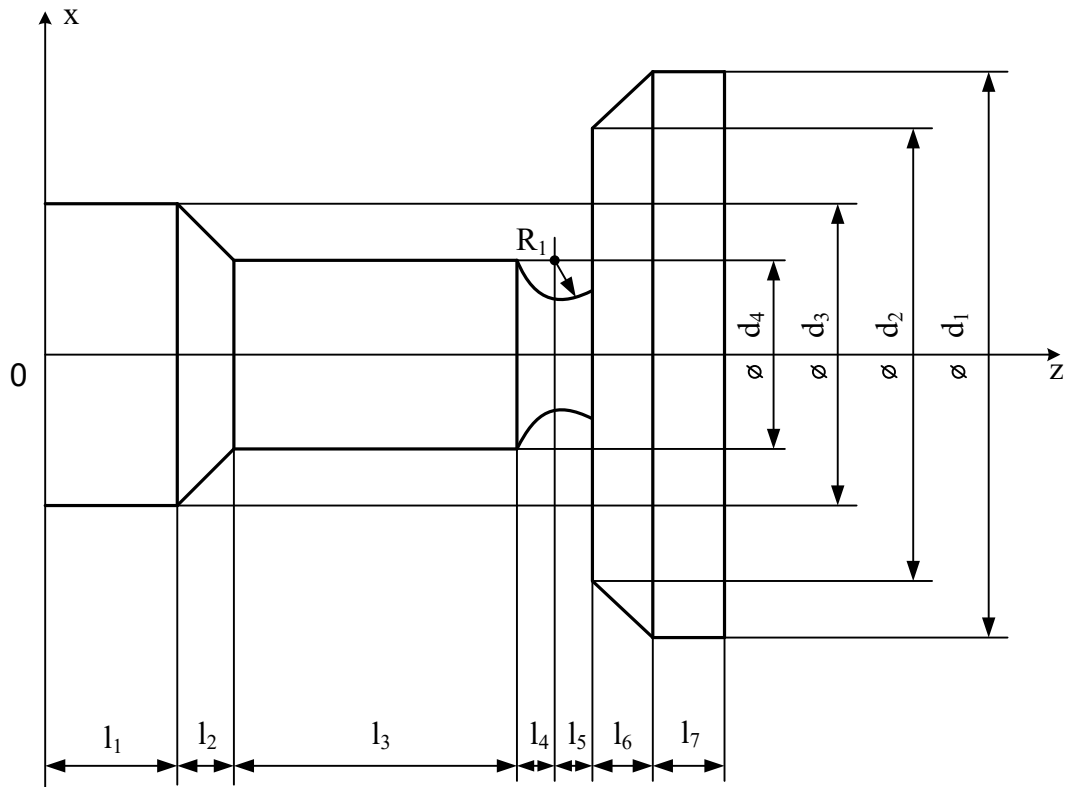


Рисунок 2.5 – Ескіз деталі №5

Таблиця 2.1 – Геометричні розміри оброблюваної форми

Номер варіанта	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	d_1	d_2	d_3	d_4	R_1
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
1	10	25	10	10	50	20	40	100	75	30	Визначити	10
2	20	25	15	15	45	25	35	105	75	40		20
3	30	25	20	20	40	30	30	110	75	50		30
4	40	25	10	10	35	35	25	115	75	40		15
5	50	25	15	15	30	40	20	110	75	50		25
6	30	25	20	20	50	20	40	105	100	60		25
7	35	25	30	30	40	25	35	100	100	70		35
8	40	25	10	10	30	30	30	90	100	50		20
9	45	25	20	20	20	40	25	80	100	60		20
10	50	25	30	30	10	45	20	70	100	70		40
11	10	20	30	50	5	10	15	60	100	75		25
12	20	21	30	45	10	10	16	50	100	80		25
13	30	22	30	40	15	10	17	60	100	85		30
14	40	23	30	35	20	10	18	70	100	90		30

Продовження табл. 2.1

15	25	24	30	30	5	10	19	80	100	95	Визначити	35
16	30	25	30	50	10	10	20	90	100	100		35
17	35	26	30	40	15	10	21	100	90	105		40
18	40	27	30	30	20	10	22	105	90	110		40
19	45	28	30	20	5	10	23	110	90	115		45
20	50	29	30	10	10	10	24	115	90	90		50
21	10	10	20	50	15	10	15	55	45	25	-	20
22	20	10	20	45	16	10	16	60	50	30	-	20
23	30	10	20	40	17	10	17	65	55	35	-	20
24	40	20	40	35	18	10	18	70	60	40	-	40
25	50	20	40	30	19	10	19	75	65	45	-	40
26	60	20	40	25	20	10	20	80	70	50	-	40
27	35	30	40	40	21	10	21	85	75	55	-	40
28	40	30	50	30	22	10	22	90	80	60	-	50
29	45	30	50	20	23	10	23	95	85	65	-	50
30	50	30	50	10	24	10	24	100	90	70	-	50
31	10	10	50	28	61	50	90	105	90	50	Визначити	45
32	20	12	45	26	62	50	80	110	91	50		40
33	30	14	40	24	63	50	70	115	91	50		35
34	40	16	35	22	64	30	60	80	92	50		30
35	50	18	30	20	65	30	50	105	92	50		25
36	30	20	50	18	66	20	40	100	93	50		20
37	35	22	40	16	67	20	30	95	93	50		15
38	40	24	30	14	68	10	20	90	94	50		10
39	45	26	20	12	69	40	90	85	94	50		45
40	50	28	10	10	70	40	80	80	95	50		40
41	10	20	50	20	10	15	30	100	90	45	70	20
42	20	20	45	15	10	20	29	105	90	46	70	15
43	30	20	40	10	5	25	28	110	90	47	70	10
44	40	20	35	20	5	30	27	115	100	47	70	20
45	50	20	30	15	10	35	26	110	100	48	70	15
46	30	20	50	30	15	40	25	105	100	49	80	30
47	35	20	40	20	10	45	24	100	105	49	80	20
48	40	20	30	15	5	50	23	95	105	49	80	15
49	45	20	20	10	5	55	22	80	105	50	80	10
50	50	20	10	20	10	60	21	85	105	50	80	20

Таблиця 2.2 – Технологічні параметри процесу обробки

Номер варіанта	Частота обертання шпинделя, об/хв	Швидкість подачі, мм/хв	"0" станка по осі Z	Режим обробки геометричної інформації	Ділянка, на якій включається охолодження
1, 11, 21, 31, 4	100	600	Ліворуч від заготовки	Абсолютний	l_3, l_4, l_6
2, 12, 22, 32, 42	200	500	Праворуч від заготовки	Інкрементальний	l_4, l_5, l_7
3, 13, 23, 33, 43	400	25	Ліворуч від заготовки	Абсолютний	l_2, l_6
4, 14, 24, 34, 44	500	50	Праворуч від заготовки	Інкрементальний	l_1, l_5
5, 15, 25, 35, 45	800	100	Ліворуч від заготовки	Абсолютний	l_1, l_2, l_5
6, 16, 26, 36, 46	100	200	Праворуч від заготовки	Інкрементальний	$l_1 - l_7$
7, 17, 27, 37, 47	140	10	Ліворуч від заготовки	Абсолютний	l_2, l_6, l_7
8, 18, 28, 38, 48	180	50	Праворуч від заготовки	Інкрементальний	l_3, l_4, l_7
9, 19, 29, 39, 49	200	100	Ліворуч від заготовки	Абсолютний	l_3
10, 20, 30, 40, 50	250	350	Праворуч від заготовки	Інкрементальний	l_3, l_4, l_6, l_7

3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Методика підготовки та складання керуючих програм, а також набори команд, які використовуються при програмуванні, можуть відрізнятися в залежності від типу станка та пристрою ЧПК. Однак програма обробки, яка необхідна для вирішення поставленої задачі, передбачає використання стандартних команд.

3.1 Загальні відомості про програмування обробки деталей на станках з ЧПК

На основі креслення деталі та технологічних вимог технологи – програмісти складають карту обробки. В ній задаються координати опорних точок траєкторії, геометричні переміщення, швидкість обробки, частота обертання шпинделя, номери блоків ріжучого інструменту, технологічні особливості переходів від обробки однієї поверхні до наступної.

По карті обробки складається керуюча програма. Вся інформація розбивається на кадри і у відповідних символах заноситься на носій даних.

Вісь z співпадає з віссю обертання шпинделя, її додатний напрямок – в сторону віддалення від шпинделя.

Вісь x – перпендикулярна до осі обертання шпинделя, її додатний напрямок відповідає зростанню відстані між деталлю та різцем.

3.2 Структура програми

Програма складається з послідовності кадрів, яка відповідає послідовності операцій при обробці деталі. На початку кадру вказується вказівник на його номер: "N10".

Початку програми відповідає символ "%" доповнений назвою програми обробки у вигляді "O0001".

В останньому кадрі задається керуюче слово, яке відповідає кінцю програми M30.

В G-код редакторі є можливість додавати коментарі до поточного кадру програми обробки, який значно спрощує сприйняття програмного коду.

Приклад: *%O0001*

 N 10 M30

3.3 Структура кадру

Кадр включає в себе номер кадру, інформаційні слова (команди), кінець кадру. В одному кадрі дві однойменні адреси бути не можуть. Для того щоб програмісту було легше створювати і читати УП, рекомендується наступний порядок розташування слів даних і знаків програмування в кадрі:

- 1) код пропуску кадру (/);
- 2) номер кадру (N);
- 3) підготовчі функції (G-коди);
- 4) адреси осьових переміщень (X, Y, Z, I, J, K, A, B, C);
- 5) команда подачі (F);
- 6) команда числа обертів (S);
- 7) допоміжні функції (M-коди).

Приклад:
N80 G01 X3 Y3

3.4 Структура слова

Слово (команда) включає в себе технологічну чи геометричну інформацію та адрес команди.

Кожна команда записується в наступному порядку: адреса, знак (якщо він є), числове значення (код).

Приклад:
 S150 *z-25* *M30*

В табл. 3.1 наведені основні команди.

Таблиця 3.1 – Основні команди G-коду

Код	Опис
G17-G19	Перемикання робочих площин (XY, XZ, YZ)
G20-G21	Робота в дюймовій/метричній системі
G40-G44	Компенсація розміру різних частин інструменту (довжина, діаметр)
G80-G84	Цикли свердління, нарізування різьблення
G90-G92	Перемикання систем координат (абсолютна, відносна)
G0, G1, G2, G3,	Режими руху
G54, G55, G56, G57, G58, G59	Вибір системи координат
G93, G94	Швидкість подачі
G43, G49	Компенсація на довжину інструменту
G81, G82, G83	Цикли свердління
G84	Нарізання різьби

Технологічні команди мови, які починаються з літери М (табл. 3.2), включають такі дії, як:

- зміна інструменту;
- вмикання/вимикання шпинделя;
- вмикання/вимикання охолодження;
- викликання/закінчення підпрограми.

Таблиця 3.2 – Допоміжні (технологічні) команди

Код	Опис
M00	Технологічна зупинка
M02	Кінець програми
M03	Рух шпинделя за год. стрілкою
M04	Рух шпинделя проти год. стрілки
M05	Зупинити обертання шпинделя
M06	Змінити інструмент
M08	Увімкнути охолодження

Продовження табл. 3.2

M09	Вимкнути охолодження
M30	Кінець програми

3.5 Основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням

3.5.1 Програмування номера кадру *N*

Максимальна кількість кадрів в програмі – 999. Номер кадру задається адресою "*N*" та наступними за ним трьома десятковими цифрами.

Приклад: *N 081*

3.5.2 Програмування підготовчих функцій *G*

Функції *G* визначають режим обробки введеної інформації. Адреса *G*, якщо вона присутня, завжди вказується першою після номеру кадру.

G00 – прискорене переміщення. Код *G00* використовується для виконання прискореного переміщення. Прискорене переміщення, або позиціонування, необхідного для швидкого переміщення ріжучого інструменту до позиції обробки або до безпечної позиції. Прискорене переміщення ніколи не використовується для виконання обробки, так як швидкість руху виконавчого органу верстата дуже висока і непостійна. Код *G00* скасовується при програмуванні наступних кодів: *G01*, *G02*, *G03*.

G01 – лінійна інтерполяція. Команда лінійної інтерполяції, забезпечує переміщення інструменту по прямій лінії із заданою швидкістю. Швидкість переміщення вказується *F*-адресою. Код *G01* скасовується за допомогою кодів *G00*, *G02* або *G03*.

G02 – кругова інтерполяція по годинниковій стрілці. Код *G02* призначений для виконання кругової інтерполяції, тобто для переміщення інструменту по дузі (кола) в напрямку годинникової стрілки із заданою швидкістю. Швидкість переміщення вказується *F*-адресою. Код *G02* скасовується за допомогою кодів *G00*, *G01* і *G03*.

G03 – кругова інтерполяція проти годинникової стрілки. Код *G03* призначений для виконання кругової інтерполяції, тобто для переміщення інструменту по дузі (кола) проти годинникової стрілки із заданою швидкістю. Швидкість переміщення вказується F-адресою. Код *G03* скасовується за допомогою кодів *G00*, *G01* і *G02*.

Приклад:

N112 G1 Z-2 F100

G02 X10 Y20 R10 F100

G90 – режим абсолютного позиціонування. У режимі абсолютного позиціонування *G90* переміщення виконавчих органів виробляються щодо нульової точки верстата або щодо нульової точки робочої системи координат *G54-G59*. Код *G90* є модальним і скасовується за допомогою коду відносного позиціонування *G91*.

G91 – режим відносного позиціонування. За допомогою коду *G91* активується режим відносного (інкрементального) позиціонування. При відносному способі відліку за нульове положення кожен раз приймається положення виконавчого органу, яке він займав перед початком переміщення до наступної опорної точки. Код *G91* є модальним і скасовується за допомогою коду абсолютного позиціонування *G90*.

G28 – автоматичне повернення в вихідну позицію. Команда *G28* призначена для повернення верстата в вихідну позицію. Під цим розуміється прискорене переміщення виконавчих органів в нульову точку верстата. Повернення в вихідну позицію призначене насамперед для можливості перевірки розмірів і якості оброблюваної деталі в середині програми обробки. Іноді код *G28* ставлять в кінець керуючої програми, щоб після її завершення робочий стіл перемістився в положення, зручне для знімання обробленої деталі.

3.5.3 Програмування переміщень по осям X, Z при лінійній інтерполяції

Команди X, Z вказують, в якому напрямку і на яку відстань повинен переміститись робочий орган верстату. За адресою вказують величину переміщення, яка для коду G90 визначає координати кінцевих точок рух, а для G91 задає величину переміщення вздовж осей. Приклад

Приклад для G90 (представлено на рис. 3.1):

N10 G01 X60 Z100 (Переміщення з t₀ в t₁)

N20 Z75

Приклад для G91 (представлено на рис. 3.1):

N10 G01 X-200 Z-225 (Переміщення з t₀ в t₁)

N20 Z-25 (Переміщення з t₁ в t₂)

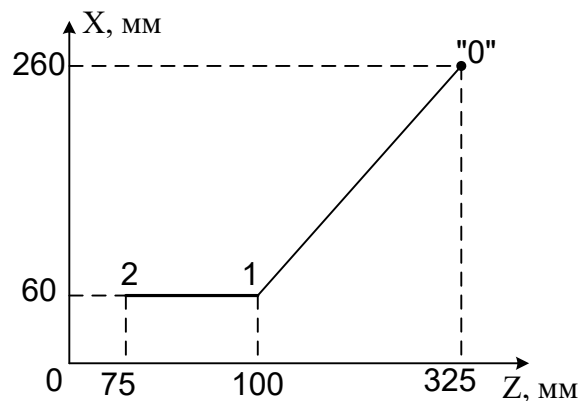


Рисунок 3.1 – Приклад переміщення для коду G90 та G91

3.5.4 Програмування швидкості подачі *F*

Швидкість подачі в програмі за адресою "F" задається в міліметрах за хвилину.

Ввід можливий як окремим кадром, так і разом з інформацією, яка буде оброблятися із заданою швидкістю. Місце в кадрі – після номера кадру перед будь-якою адресою.

Приклад:

N70 G01 Z-1 F25

3.5.5 Програмування частоти обертання шпинделя S

Частота обертання шпинделя в програмі за адресою "S" задається в обертах за хвилину.

Команда зберігає дію до заміни іншим значенням під адресою S. Діє з початку відпрацювання кадру.

3.5.6 Програмування вибору інструменту (T)

Задається адресою "T" та номером інструменту. Кадр на зміну інструменту додатково має вміщувати код M06.

Попередній вибір інструменту може бути виконаний при відпрацюванні програми в будь-якому місці під час обробки деталі.

Приклад:

N15 T101 M06

4 СКЛАД, ОБСЯГ ТА СТРУКТУРА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

За результатами виконання розрахункової роботи студент надає наступний звітний матеріал:

1. Пояснювальна записка РГР на папері.
2. Пояснювальна записка в електронному вигляді в редакторі Word.
3. Програма написана в програмному середовищі Swansoft CNC Simulator.

Пояснювальна записка оформлюється на аркушах паперу формату А4, які ліворуч жорстко скріплюються. Текст та інші матеріали пояснювальної записки розміщується з однієї сторони аркушів паперу. Посилання на використане джерело вказується у квадратних дужках, наприклад [8]. Пояснювальна записка виконується в редакторі Word: шрифт Times New Roman, розмір 14; інтервал 1,5 рядка; ліве поле аркуша паперу 3 см, верхнє та нижнє 2 см, праве 1,5 см; нумерація сторінок вгорі праворуч.

Приклад оформлення титульного листа пояснювальної записки наведено в додатку А.

Порядок аркушів в РГР наступний:

1. Титульний аркуш.
2. Завдання на РГР.
3. Зміст.
4. Пояснювальна записка.

Пояснювальна записка РГР повинна містити наступні обов'язкові розділи:

Вступ

1. Ескіз деталі з вказаними опорними точками програмованого контуру.
2. Розрахунок використаних в програмі координат опорних точок чи приростів.

3. Текст програми з обов'язковими коментарями до кожного кадру програми.

4. Результати виконання обробки деталі з програмного середовища Swansoft CNC Simulator.

Висновки.

Список використаних джерел.

Пояснювальна записка може бути доповнена іншими розділами, підрозділами та пунктами на розсуд студента.

У *вступі* розрахунково-графічної роботи наводиться коротка інформація про системи обробки деталей на станках ЧПУ, здійснюється обґрунтування актуальності, вказується мета та задачі роботи.

У *розділі 1* наводиться ескіз деталі з вказаними опорними точками програмованого контуру відповідно до свого варіанту. Ескіз деталі виконується в редакторі Visio відповідно до чинних вимог, на якому мають бути проставлені всі необхідні розміри та вказані ділянки охолодження.

У *розділі 2* виконується розрахунок використаних в програмі координат опорних точок чи приростів.

У *розділі 3* розробляється текст програми з обов'язковими коментарями до кожного кадру програми.

У *розділі 4* представляються результати виконання обробки деталі з програмного середовища Swansoft CNC Simulator, наводиться опис графічного інтерфейсу програмного середовища та роблять наступні скріншоти екрану з виготовленою деталлю в 3D зображенні та з проставленими фактичним розмірами, які вийшли після обробки деталі. Для цього необхідно відкрити режим вимірювання, в якому за допомогою вимірювального інструменту (штангенциркуль) проставити розміри.

У *висновках* вказується про досягнення мети розрахунково-графічної роботи та наводяться результати, що отримані при вирішенні кожної з поставленої у *вступі* задачі.

5 ПОРЯДОК ЗАХИСТУ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Попередньо пояснювальна записка в редакторі Word в електронному вигляді та проект в програмному середовищі Swansoft CNC Simulator для перевірки та отримання допуску до захисту відправляються на електронну пошту викладача. Ім'я електронних файлів має складатися з № групи, прізвища студента, варіанту завдання та позначення (ПЗ), які розділені знаком підкреслення, наприклад ЕП61_Біляк_26_ПЗ. Після перевірки та виправлень всіх зауважень від викладача друкується і зшивається паперова копія, яка захищається персонально.

До захисту допускається повністю виконана та належним чином оформлена РГР. В комплект звітнього матеріалу входить:

1. Пояснювальна записка РГР на папері.
2. Пояснювальна записка в електронному вигляді в редакторі Word.
3. Програма написана в програмному середовищі Swansoft CNC Simulator.

За результатами захисту РГР студенту нараховується балів відповідно до положення про рейтингову систему оцінки успішності з дисципліни «Системи програмного та слідкуючого керування рухом».

ДОДАТОК А
ЗРАЗОК ТИТУЛЬНОГО АРКУША

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА
з дисципліни
«Системи програмного та слідкуючого керування рухом»
Варіант № 3

Виконав: студент 5-го курсу
групи ЕП-61
Зінченко О. О.

Прийняв: ас. Желінський М. М.

Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського
2019

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Suk-Hwan Suh, Seong-Kyoon Kang, Dae-Hyuk Chung, Ian Stroud Theory and Design of CNC Systems. Springer-Verlag London Limited, 2008. 477 p.
2. Tan K.K. Lee T.H., Huang S. Precision Motion Control: Design and Implementation. Precision Motion Control. London: Springer, 2008. 272 p.
3. Sabanovic A. Motion Control Systems. Wiley-IEEE Press, 2011. 352 p.
4. Yamaguchi T., Hirata M., Pang C.K.. Advances in High-Performance Motion Control of Mechatronic Systems. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2013. 337 p.
5. Thyer G.E. Computer Numerical Control of Machine Tools, Second Edition. Oxford, Boston: Butterworth-Heinemann, 1991. 256 p.
6. Evans K. Programming of CNC Machines. New York: Industrial Press, Inc., 2007. 500 p.
7. Ловыгин А. А., Теверовский Л. В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. М.: ДМК Пресс, 2015. 280 с.
8. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы числового программного управления: Учеб. пособие. М.: Логос, 2005. 296 с.
9. Черков Е.А., Кузьмин В.П. Комплектный электропривод станков с ЧПУ. Горький, 1989. 319 с.