

О.Д. Криськов, проф., канд. техн. наук, Д.І. Дойч, магістр
Кіровоградський національний технічний університет

Розробка підсистеми автоматизованого вибору маршруту обробки поверхні різанням

У статті наведено результати теоретичних досліджень та розробки підсистеми автоматизованого призначення маршрутів обробки поверхонь різанням на основі деяких широковідомих довідників та монографій.

автоматизований вибір, різання, поверхня, маршрут обробки

Мета роботи. Ринкова економіка, та динамічний, практично не прогнозований, розвиток ринків збуту, вимагають впровадження систем підготовки виробництва, які можуть забезпечити швидкий перехід від випуску одного виробу до іншого. На етапі проектування інженерам-конструкторам доступна велика кількість САД-систем, які дозволяють кваліфіковано спроектувати виріб на базі 2-D та 3-D моделей. На етапі підготовки виробництва – широко відомі САМ-системи, що дозволяють створити керуючі програми для верстатів з ЧПК та супутню документацію у автоматизованому режимі. Проте етап проектування маршруту обробки поверхні деталі у таких системах, не у достатній мірі обґрунтований і тому не може бути основою оптимізації рішень при автоматизованому проектуванні технологічних процесів та керуючих програм. Складова частина проектування регламенту технологічного процесу (РТП) – вибір маршруту обробки поверхні (МОП) – є суттєвою, як з точки зору продуктивності, так і з точки зору економічності та якості виробу. У даний час розробка варіантів МОП проводиться на основі досвіду технологів старшого покоління з огляду на стандарти різного рівня, нормативну документацію, довідники та інші літературні джерела за неавтоматизованими методиками і саме тому вимагає пошуку автоматизованих рішень. Для розробки алгоритму вибору ймовірних МОП, ми базувались на відомих довіднику [1] та колективній монографії [2]. Розглянемо викладені в них принципи призначення згаданих маршрутів. Основні результати роботи. Вибір ймовірних маршрутів автори [1] пропонують виконувати по трьом картам, відповідно, для отворів, оброблених осьовим інструментом, зовнішніх і внутрішніх поверхонь точіння та плоских поверхонь. Для кожної із цих карт притаманний свій перелік вхідних та вихідних даних. Разом з маршрутами обробки автори [1] представляють їх у табличних формах (рис. 1).

Для отворів, оброблених осьовим інструментом, вихідними даними для визначення МОП прийнято шорсткість, квалітет, діаметр, стан поверхні отвору у заготовці та тип системи числового програмного керування (СЧПК). На перехресті рядка (діаметр отвору деталі, стан поверхні до обробки та тип СЧПК) таблиці та стовбця (квалітет та шорсткості поверхні отвору) знаходиться комірка, у якій представлено можливі варіанти МОП. Останні по суті є переліком методів обробки (свердління, протягування тощо) з уточненнями (чорнове, напичистове, чистове, відділкове тощо). З метою розробки алгоритму дані, наведені на рис.1, можна формально представити одномірним символічним масивом (табл.1). При цьому вихідні параметри кодуються як ланцюжки символів (блоки) за певною схемою: назви методів обробки позначаються двома великими літерами (ПР – протягування), подальше уточнення – двома маленькими (чс – чистове), які записуються за назвами методів обробки підряд без пропусків, а номери МОП позначаються арабськими цифрами. Блоки елементів певного маршруту об'єднуються сим-

волом «_». Використання спеціалізованого кодування обумовлене необхідністю скороченого представлення багатослівного опису методів обробки та їх уточнень у першоджерелах компактними аббревіатурами, які мнемонічно підказують закодований зміст. Одновимірний символний масив (табл. 1) у формалізованому вигляді являє собою послідовність рядків таблиці, елементи котрих, розділені відповідно до квалітетів та шорсткостей поверхонь незаповненими знакомісцями.

ВАРИАНТЫ МАРШРУТА ОБРАБОТКИ										Обработка отверстий			
										Карта 44	Лист 1		
№ поз.	Диаметр обрабатываемого отверстия D, мм	Состояние отверстия заготовки	Выл. устройства ЧПУ	Квалитет отверстия									
				13	12	11	10	9	8	7			
				Параметр шероховатости Ra, мкм									
				80...40	40...20	20...10	10...5	5	2,5	2,5	1,25	1,25	0,6
Рекомендуемые переходы													
1	4...18	Не подготовлено	Позиционные и контурные	-	1. Сверление.	1. Сверление. Растачивание получистовое.	1. Сверление. Растачивание чистовое. 2. Сверление. Развертывание черновое.	1. Сверление. Растачивание чистовое. 2. Сверление. Развертывание получистовое.	1. Сверление. Растачивание чистовое. Развертывание получистовое.	2. Свеление. Зенкерование получистовое. Развертывание получистовое.	1. Сверление. Растачивание чистовое. Развертывание получистовое. 2. Свеление. Развертывание черновое. Развертывание получистовое.		
2	18...30	Не подготовлено	Позиционные и контурные	1. Сверление.	1. Сверление. Зенкерование получистовое.	1. Сверление. Зенкерование чистовое. Зенкерование получистовое.	1. Сверление. Зенкерование чистовое. Развертывание черновое.	1. Сверление. Зенкерование чистовое. Развертывание получистовое.	1. Сверление. Зенкерование чистовое. Зенкерование чистовое. Развертывание чистовое. Развертывание получистовое.	1. Сверление. Зенкерование чистовое. Развертывание черновое. Развертывание получистовое.	1. Сверление. Зенкерование чистовое. Зенкерование чистовое. Развертывание чистовое. Развертывание получистовое. Развертывание чистовое.		
Индекс				а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к

Рисунок 1 - Фрагмент карты 44, лист 1 [1]. Обробка отворів осьовим інструментом.

Таблица 1 – Фрагмент одновимірного символного масиву, як засіб формалізації карти рис. 1.

4_18	нп	пк	нн_&&	1_CB_&&	1_CB_РТнч_&&	1_CB_РТчс_&&
4_18	нп	пк	нн	нн	2_CB_ЗК	2_CB_РВчр
18_30	нп	пк	1CB_&&	1_CB_ЗКнч_&&	1_CB_ЗКнч_ЗКчс_&&	1_CB_ЗКнч_ЗКчс_&&
18_30	нп	пк	нн	2_CB_РТнч	2_CB_РТнч	2_CB_РТнч_РТчс
30_50	нп	пк	1_CB_PC_&&	1_CB_PC_РТнч_&&	1_CB_PC_РТнч_&&	1_CB_PC_РТнч_РТчс_&&
30_50	нп	пк	2_CB_РТчр	2_CB_PC_ЗКнч	2_CB_PC_ЗКнч	2_CB_PC_ЗКчс

Для певних сполучень вихідних даних карта (рис. 1), рекомендує не один метод обробки поверхні, а декілька, що ускладнює алгоритм опрацювання надто великих масивів. Тому таку карту ми формально представляємо двома масивами. У першому розміщуються основні варіанти маршрутів, а у другому - додаткові. Для ідентифікації другого масиву використано спеціальний символ “&&”, що прописується у кінці кожного варіанту МОП першого масиву, для якого є продовження. Рядок карти (рис. 1) для діаметрів 4...18мм у закодованому виді, як рядок основного масиву, має наступний вигляд:

4_18 нп пак нн_&& 1_CB_&& 1_CB_РТнч_&& 1_CB_РТчс_& ...,

а відповідний йому додатковий виглядає так:

4_18 нп пак нн нн 2_CB_ЗК 2_CB_РВчр 2_CB_РВнч...

де «4_18» – діапазон діаметрів отвору від 4...до 18 мм»; нп – стан отвору заготовки – «не підготовлено»; пк – тип СЧПК – «позиційне та контурне»; «нн» – «маршрут обробки відсутній»; «_» – символ, що об'єднує елементи маршруту обробки; «&&» – індикатор наявності наступного МОП; 1,2– номери МОП; «РВнч» – закодований зміст переходу: «розвертування напівчистове». Таким чином ланцюжок символів 1_СВ_РТчс_&& розшифровується як – перший варіант маршруту, до якого входять: свердління, розточування чистове, при чому є ще інший варіант маршруту (закодований у додатковому маршруті).

Для зовнішніх або внутрішніх поверхонь точіння маршрут вибирається виходячи з якості деталі, заготовки та навантаження технологічної системи (рис 2).

Плоскі поверхні деталі пропонується фрезерувати в залежності від методу виготовлення і якості відповідних розмірів поверхонь деталі та заготовки (рис 3).

ЧИСЛО СТАДИЙ ОБРАБОТКИ. МАЛАЯ СИЛОВАЯ НАГРУЖЕННОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ						Точение, растачивание						
						Карта 1		Лист 1				
Квалитет размера заготовки $K_{вз}$	Квалитет размера детали $K_{вд}$											
	14			13			12		11			
	Маршрут уточнения (M_y) и стадии обработки ($C_{об}$)											
	M_y	$C_{об}$	M_y	$C_{об}$	M_y	$C_{об}$	M_y	$C_{об}$				
17	17	14	черн.	17	13	п/чист.	17	12	п/чист.	17	11	чист.
16	16	14	черн.	16	13	п/чист.	16	12	п/чист.	16	11	чист.
15	15	14	черн.	15	13	п/чист.	15	12	п/чист.	15	11	чист.
14	-	-		14	13	п/чист.	14	12	п/чист.	14	11	чист.
13	-	-		-	-		13	12	п/чист.	13	11	чист.

Рисунок 2 – Фрагмент карти 1 лист 1 [1]. Обробка точінням та розточуванням, при малому навантаженні технологічної системи

ТРЕБУЕМЫЕ СТАДИИ ОБРАБОТКИ. Фрезы торцевые с пластинами из твердого сплава, быстрорежущей стали, сверхтвердых материалов и керамики.					Фрезерование плоскостей		
					Карта 54		Лист 1
№ поз.	Метод получения заготовки	Квалитет заготовки	Квалитет получаемого размера детали				
			16 - 15	14	13 - 12	11 - 10	9 - 8 - 7
Требуемые стадии обработки							
	Литье стальное и чугунок III класса точности в песчаные формы; прокат горячекатаный обычный и повышенной точности квадратного сечения, горячая ковка и штамповка стальных деталей в штампах, на пресах и молотах.	17	Чероновая (I)	Чероновая (I)	Чероновая (I) Получистовая (II)	Чероновая (I) Получистовая (II) Чистовая (III)	Чероновая (I) Получистовая (II) Чистовая (III) Отделочная (IV)
	Литье стальное, чугунное, цветных металлов и сплавов III класса точности в песчаные формы; прокат горячекатаный обычной, повышенной и высокой точности квадратного сечения; горячая ковка и штамповка стальных деталей в штампах, пресах и молотах.	16	Чероновая (I)	Чероновая (I)	Чероновая (I) Получистовая (II)	Чероновая (I) Получистовая (II) Чистовая (III)	Чероновая (I) Получистовая (II) Чистовая (III) Отделочная (IV)

Рисунок 3. – Фрагмент карти 54 лист 1 [1]. Маршрути обробки плоских поверхонь

Оскільки для поверхонь точіння та розточування до уваги додатково приймається навантаження технологічної системи, то інформація щодо можливих варіантів маршруту обробки для згаданих типів поверхонь представлена не одним а трьома подібними масивами, відповідно до характеру навантаження (мале, середнє, велике). Для плоских поверхонь, наявний один масив. Нормативні карти (рис. 2 та 3) є подібними за структурою, а необхідний масив маршрутів вибирається програмно відповідно до заданого

навантаження системи та виду поверхні.

Інформацію карти, наведеної на рис. 2, з урахуванням вищезгаданих умовностей, можна представити у формалізованому вигляді так, як показано у табл. 2.

Таблиця 2. – Формалізоване представлення карти 1 [1]

чр	нч	нч	чс	чс	чс	чр_вк	чр_вк
чр	нч	нч	чс	чс	чс	чр_вк	чр_вк
чр	нч	нч	чс	чс	чс	чр_вк	чр_вк
нн	нч	нч	чс	чс	чс	вк	вк
нн	нн	нч	чс	чс	чс	вк	вк
нн	нн	нн	нн	нн	нн	нн	нн
нн	нн	нн	нн	нн	нн	нн	нн

У [2] маршрути обробки поверхонь для зовнішніх та внутрішніх циліндричних та плоских поверхонь, також рекомендується призначати табличним методом (таблиці 2, 3, 4, [2]). Всі вони мають однакову структуру, аналогічну наведеній на рис. 4.

при обробке до квалитета			Шерохова- тість, мкм
<i>jT6</i>	<i>jT5</i>	<i>jT4 - jT3</i>	
			Rz = 80 - 20
			Rz 20 - Ra 2,5
			Ra = = 1,25 - 0,63
1, 2, 3 Оп, Оч, От, ПО 1 О, Шп, Шт, ПО 1 О, Ш, С 4 О, Шп, ТО, Шт 4 О, Шп, ТО, Шт, С 4 О, ТО, Шч, С	4 Оп, Оч, ТО, Шч, С 4 О, Шп, ТО, Шч, Ш, С 4 О, Шп, ТО, Шч, Д 3 О, Оч, От		Ra = = 0,32 - 0,16

Рисунок 4 – Фрагмент табл. 2 [2]. Обробка зовнішніх циліндричних поверхонь

Всі матеріали, з яких виготовляються деталі у машинобудуванні, автори [2] поділи на чотири групи: незагартовані сталі, чавуни, кольорові матеріали та загартовані сталі. Маршрути обробки поверхонь, рекомендується вибирати виключно виходячи з шорсткості та квалітету поверхонь деталі. На відміну від [1] у [2] для аналогічних умов, наводиться більша кількість варіантів маршрутів обробки, проте навантаженню системи, стану та точності поверхні заготовки до обробки уваги не приділяється. Табличні дані маршрутів обробки для кожного з сполучень вихідних параметрів, було формально представлено шістьма масивами. Тому, на разі, застосовано алгоритм послідовного вибору МОП, блок-схему якого наведено на рис. 5. Цей алгоритм передбачає запис переліку ймовірних МОП, з використанням вищенаведених умовностей, у вигляді:

1_ОБчр_ОБчс_ТО_ШЛчс_СУчс_&&_2_ОБчр_ОБчс_ТО_ШЛчс_Штн_ДВ_&&_3_ОБчр_ОБчс_ТО_ШЛчс_ДВчр_ДВчс_&&_4_ШЛ_ТО_ШЛ_СУчр_СУчс

Проте у даному разі символ – «&&», який у попередньому випадку трактувався як команда на пошук наступного варіанту маршруту, тут використовується як команда на декодування блоків варіантів маршруту до його розвернутого представлення.

Декодування абревіатур обраних маршрутів виконується спеціальними процеду-

рами. Вони є спільними для довідника та монографії, так як принципи кодування маршрутів єдині. На головну форму проекту ймовірно МОП виводиться у вигляді таблиці. На рис. 6, для прикладу, як результат роботи процедур проекту наведено пропонуємі маршрути обробки точінням для досягнення сьомого квалітету точності внутрішньої поверхні.

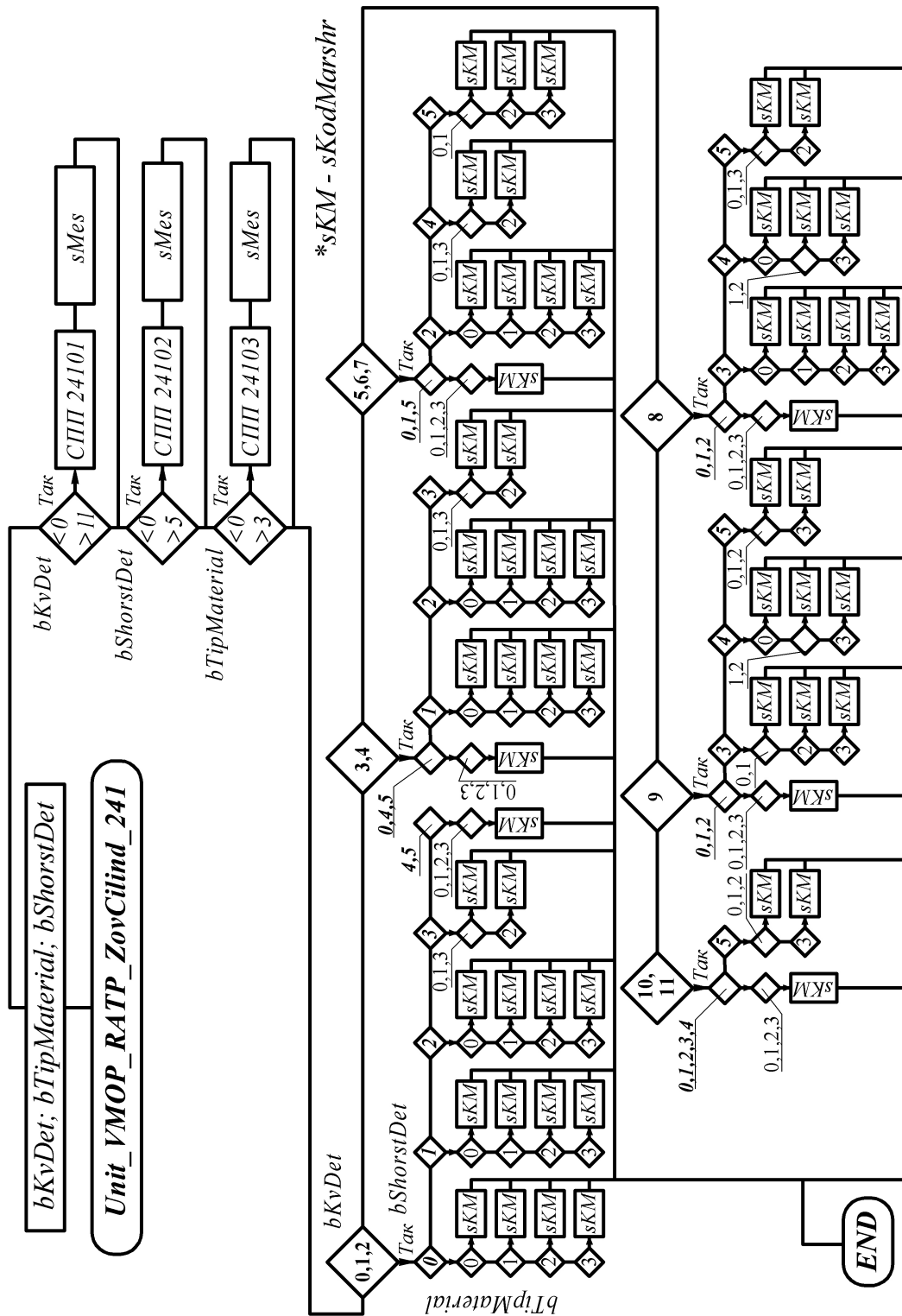


Рисунок 5. – Блок схема вибору МОП для зовнішніх циліндричних поверхонь.

№	Маршрут
ПП	Обробки
1	
2	1 МАРШРУТ
3	Розточування чорнове
4	Розточування напівчистове
5	Розточування чистове
6	Розточування викінчувальне
7	

№	Маршрут
2	1 МАРШРУТ
3	Гвинтівочне (глибоке) Свердління
4	Розвертування чорнове
5	Розвертування чистове
6	=====
7	
8	2 МАРШРУТ
9	Свердління
10	Зенкерування
11	Розвертування чорнове
12	Розвертування чистове
13	=====

а)

б)

Рисунок 6 – МОП для досягнення сьомого квалітету точності на внутрішній поверхні точіння, відповідно до джерел: а) [1] та б) [2].

Висновок. На основі вищевикладених положень та умовностей, прийнятих в [3], розроблено робочий варіант проекту автоматизованого призначення маршрутів обробки поверхонь різанням при технологічному проектуванні. Проект розроблено як підсистему САПР ТП, з метою обґрунтованого формування ймовірних маршрутів обробки поверхні у залежності від вихідних даних: необхідної шорсткості та точності обробленої поверхні, стану та точності відповідної поверхні у заготовці, навантаженості системи силами різання, типу СЧПК тощо . Після введення вхідних параметрів технології залишається вибрати, той МОП який забезпечує кращі економічні показники та відповідає умовам виробництва. Таким чином проект суттєво полегшує працю інженера технологів-початківця. Створений програмний продукт може бути рекомендований до імплементації у системи САПР ТП, з метою послідувочої економічної оцінки пропонуємих маршрутів та вибору найбільш доцільного не тільки з точки зору якості, а й з точки зору вартості виготовлення деталей.

Список літератури

1. В.И. Гузеев, В.А.Батуев, И.В.Сурков. Режимы резания для токарных сверлильно-фрезерных расточных станков с числовым программным управлением. Справочник. Под редакцией В.И.Гузеев. М.: Машиностроение,2005.-368с,
2. Размерный анализ технологических процессов / В.В.Матвеев, М.М.Тверской, Ф.И.Бойков и др. М.: Машиностроение, 1982. 264с.
3. Крисськов О.Д., Петренко М.М. Основи комп'ютерної технології обґрунтування структури технологічних операцій. Навчальний посібник. – Кіровоград, Кіровоград: РВЛ КНТУ. - 2005. - С.282.

В статье приведены результаты теоретических исследований и разработки подсистем автоматизированного назначения маршрутов обработки поверхностей резанием на основе некоторых широко известных справочника и монографии.

In the article the results of theoretical research-and-developments subsystem of the automated setting of routes of treatment of surfaces are resulted cutting on the basis of some reference books and monographs.