

Роботизированная мобильная система работает в автономном цикле с возможностью реализации различных режимов и заданий, как-то: ручное управление; перемещение по рабочей зоне; сбор теннисных мячей по информации СТЗ; плавное изменение скорости перемещения мобильной подсистемы.

Таким образом, можно сделать вывод, что разработанный прототип роботизированной мобильной системы сортировки цветных объектов с использованием системы компьютерного зрения полностью обеспечивает весь спектр заявленных заданий и может быть взят за перспективную модель для последующей производственной реализации.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Матрунчик, Ю. Н. Микропроцессорные системы управления. Лабораторный практикум / Ю. Н. Матрунчик. – Минск : БНТУ, 2020. – 66 с. [Электронный ресурс]– Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/70441?show=full>. – Дата доступа: 14.10.2023.

2. Матюшин, А. О. Программирование микроконтроллеров: стратегия и тактика / А. О. Матюшин. – М. : ДМК Пресс, 2017. – 355 с.

УДК 658.5

### ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

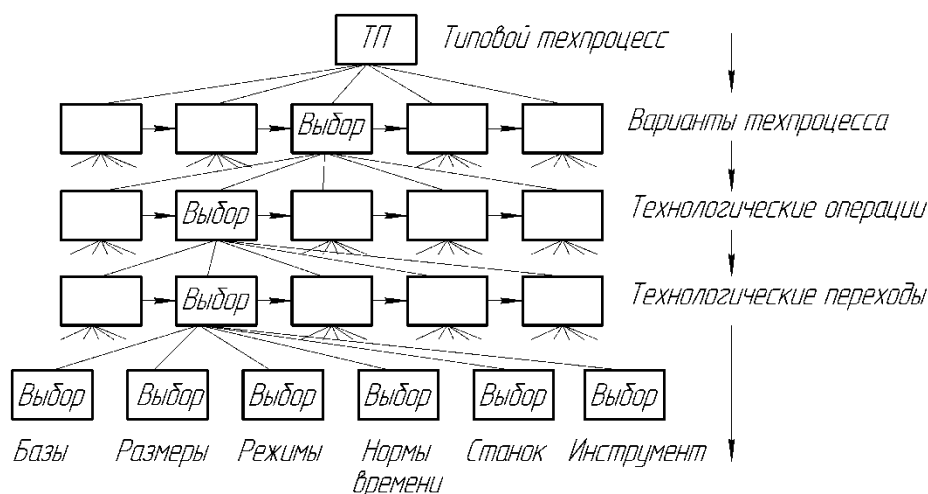
**Я. В. Кудрицкий, А. М. Левданский, Н. С. Ялковский**  
Брестский государственный технический университет,  
г. Брест, Республика Беларусь

Главными особенностями проектирования технологических процессов в машиностроении являются многовариантность и низкий уровень формализации при решении большинства проектных задач. Поэтому проектирование технологических процессов механической обработки в основном представляет собой последовательный выбор типовых решений в соответствии с определенными условиями производства и параметрами детали.

На данный момент сложно назвать САПР ТП, позволяющую обеспечить максимально высокую степень автоматизации при решении всего спектра проектных задач, связанных с технологической подготовкой производства.

Можно сказать, что САПР технологических процессов в машиностроении имеет степень автоматизации выше среднего уровня, где порядка 20 % проектных задач решается инженером в ручном режиме, основываясь на собственном опыте и знаниях, а остальная часть выполняется автоматически, по заложенным в программном обеспечении алгоритмам.

В общем случае процесс автоматизированного проектирования в технологии машиностроения можно представить в виде многоуровневой структуры (рисунок 1). В результате такого разделения процесс проектирования сводится к решению задач с различной степенью детализации на взаимосвязанных уровнях.



**Рисунок 1 – Схема выбора варианта технологического процесса**

По этой схеме промежуточные результаты могут использоваться в качестве исходных данных для следующего проектирования. Это позволяет использовать на каждом уровне более простые модели и алгоритмы.

В разработках программного обеспечения для САПР ТП обычно заложены алгоритмы трех основных методик автоматизированного проектирования техпроцессов. Рассмотрим вкратце эти три основных метода.

1. Метод прямого проектирования предполагает, что подготовка проектного документа возлагается на пользователя, выбирающего типовые решения.

По этому методу процесс проектирования сводится к выбору из пользовательского меню различных уровней: операций; переходов; оборудования; оснастки. Выбранная информация автоматически заносится в графы и строки шаблона маршрутной или операционной карт. Все возможные варианты при такой методике находятся в базе данных, которая открывается в виде окна.

2. Метод анализа выполняется по схеме: а) ввод описания чертежа детали;

б) определение конструкторско-технологического кода детали; в) поиск по коду в базе данных приемлемого техпроцесса; г) анализ структуры базового техпроцесса и его доработка под конкретную деталь; д) оформление индивидуального техпроцесса.

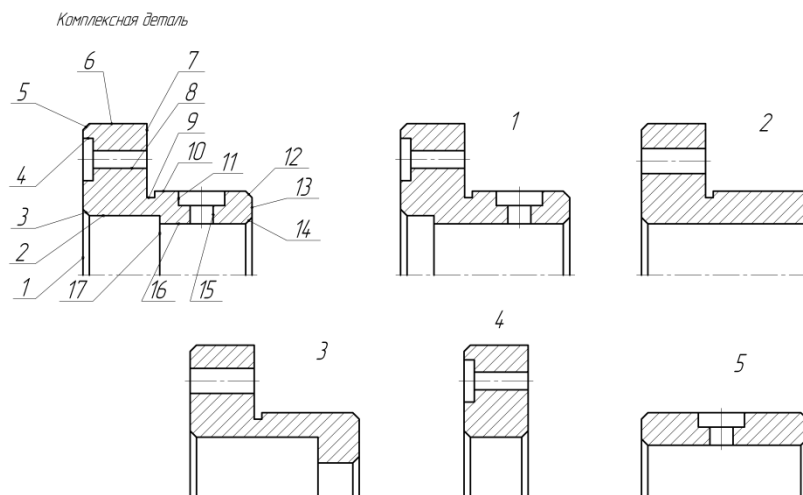
Порядок подготовки к реализации метода анализа:

1. Из множества деталей заводской номенклатуры выбираются группы с общими признаками, включая типы заготовок и способы обработки.

2. Для каждой группы деталей формируется обобщенная модель (комплексная деталь), конструкция которой включает все многообразие поверхностей рассматриваемой группы.

3. Для комплексной детали разрабатывается унифицированный техпроцесс, который является избыточным. В данном техпроцессе содержится описание операций и переходов для всех деталей группы. В соответствии с данной

методикой, у деталей группы выявляются типовые поверхности, которые могут быть получены одним способом. Все эти поверхности включаются в комплексную деталь. Каждой характерной поверхности присваивается произвольный номер. Техпроцесс обработки конкретной детали формируется путем уточнения общих поверхностей с комплексной деталью группы. Затем производится выбор из группового техпроцесса только тех операций и переходов, которые необходимы для обработки поверхностей заданной детали.



**Рисунок 2 – Эскизы группы подобных деталей и комплексной детали**

В ходе проектирования методом анализа выполняются следующие шаги:

1. Определяется принадлежность новой детали к определенной группе. Для этого сопоставляется конструкторско-технологический код детали с кодом комплексной детали.

2. Выполняется анализ с целью корректировки структуры унифицированного ТП комплексной детали. В ходе анализа проверяется необходимость включения в индивидуальный ТП каждой операции и перехода из унифицированного ТП. Для этого каждой операции и переходу унифицированного ТП должна соответствовать логическая функция.

Логическая функция включает геометрические особенности поверхностей; вид заготовки; требуемую точность обработки; качество поверхностного слоя; габаритные размеры.

В общем виде логическая функция выбора определенной операции имеет вид:

$$f_k = \bigvee_{j=1}^{n_2} \left( \bigwedge_{i=1}^{n_1} A_i \right), \quad (1)$$

где  $A_i$  – условия для группы деталей;

$n_1$  – число условий, связанных конъюнкцией (И; логическое умножение);

$n_2$  – число условий, связанных дизъюнкцией (ИЛИ; логическое сложение).

Для некоторых операций, которые являются общими для всех деталей группы, логическую функцию можно не писать.

Таким образом выполняется пошаговое формирование структуры индивидуального ТП.

3. Выполняется параметрическая настройка – т. е., выбор оборудования; оснастки; расчет режимов резания; норм времени и т. д.

Данный метод является основным при проектировании технологических процессов (особенно групповых и типовых).

### 3. Метод синтеза

Общая схема метода синтеза: 1. Ввод описания чертежа детали. 2. Синтез маршрута обработки для всех поверхностей. 3. Формирование этапов обработки в соответствии с принципиальной схемой ТП. 4. Упорядочение операций в маршруте. 5. Упорядочение переходов в операциях. 6. Доработка по описанию чертежа детали. 7. Оформление документации.

Алгоритмы построения САПР на основе метода синтеза существенно отличаются друг от друга. Это связано с тем, что: а) проектируются детали определенного класса; б) проектируются детали любой сложности; в) разная степень полноты технологических указаний в описании деталей; г) разные особенности типа и условий производства.

Но при этом разработка индивидуального техпроцесса ведется синтезом из элементарных маршрутов обработки поверхности.

Синтез маршрута обработки поверхности – это определение последовательности методов обработки, необходимых для достижения требуемых параметров по чертежу детали. Между методами обработки и параметрами поверхности существует зависимость, описываемая функцией:  $M_i: C_{i-1} \rightarrow C_i$ , которая задает технологическое преобразование поверхности с параметрами низкого качества  $C_{i-1}$  в поверхность с параметрами более высокого качества  $C_i$ , посредством метода  $M_i$ .

Так как существует множество методов обработки, обеспечивающих выполнение заданных условий, то возможные варианты обработки поверхности можно представить в виде графа  $G(C; M)$ .

Множество «С» вершин графа характеризует параметры промежуточных состояний данной поверхности. Например:

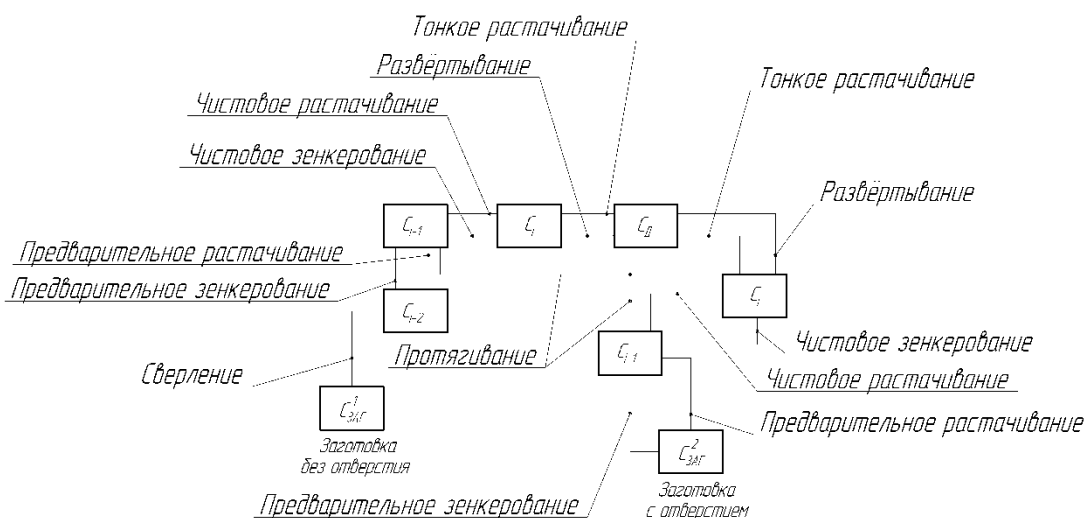


Рисунок 3 – Граф выбора методов обработки (вариант)

В большинстве случаев алгоритмы выбора МОП (маршрут обработки поверхности) имеют форму таблиц. В таблицу вносятся все возможные типовые МОП и ряд условий выбора определенного варианта.

Выбор допустимых вариантов МОП производится с помощью таблиц соответствий.

Например, составим таблицу соответствия для выбора маршрута обработки детали, показанной на рисунке 4.

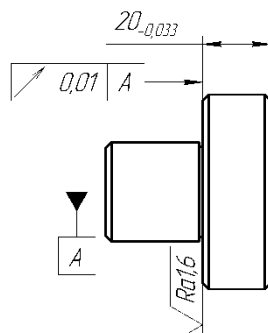


Рисунок 4 – Проектируемая деталь

Таблица 1 – МОП тел вращения

Код МОП	Код методов	Вид обработки	Квалитет	Ra, мкм
12	100	Точение черновое	16–14	20–25
	101	Точение получистовое	13...12	12,5...6,3
13	100	Точение черновое	16–14	20–25
	101	Точение получистовое	13–12	12,5...6,3
	102	Точение чистовое	11–10	3,2
14	100	Точение черновое	16–14	20–25
	101	Точение получистовое	13...12	12,5...6,3
	102	Точение чистовое	11–10	3,2
	103	Точение тонкое	9...8	2,5...1,6
15	100	Точение черновое	16...14	20...25
	101	Точение получистовое	13...12	12,5...6,3
	502	Шлифование получистовое	10...8	3,2...2,5
	503	Шлифование чистовое	7...6	1,6...1,25

Таблица 2 – Выбор МОП (таблица соответствия)

Условия выбора МОП																
Тип поверхности			Точность размера					Шероховатость				Термообработка				Код МОП
Цилин-	Торцо-	Другая	...	14	11	9	7	12,5	3,2	2,5	0,4	Без ТО	Цемен-	Закалка	Азоти-	
				>	...	...	...	...	...	...	...					
0	1	...	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	12
0	1	...	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	13
0	1	...	0	0	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>1</b>	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>14</b>
0	1	...	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	15

Для принятых исходных данных выбирается код обработки [14], т. е. следующий состав и порядок выполнения технологических операций и переходов:

Точение черновое + Точение полусточное + Точение чистовое + Точение тонкое.

Если бы на чертеже были указания по термообработке, то при остальных тех же данных был бы выбран код [15].

Следующая задача – из отдельных МОП строятся допустимые технологические процессы обработки.

Основываясь на вышесказанном, можно сделать следующий вывод. САПР технологических процессов являются типичным примером человеко-машинных систем, в которых инженеры решают творческие задачи, а типовые и шаблонные части проекта выполняются с помощью ЭВМ. Но при этом САПР ТП обладают всеми признаками современных САПР, предполагая открытость, возможность развития и интеграции с другими компонентами и системами.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кондаков, А. И. САПР технологических процессов / А. И. Кондаков. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 272 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/37727/>.

2. Андриченко, А. Н. Три поколения отечественных САПР технологических процессов / А. И. Андриченко. – СТАНКОИНСТРУМЕНТ / Информационные технологии; 2017. № 1 (006). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.stankoinstrument.su/](http://www.stankoinstrument.su/).

УДК 681.5

## РОБОТИЗИРОВАННАЯ МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА ЗДОРОВОГО СНА И ПРОБУЖДЕНИЯ

**Ю. Н. Матрунчик<sup>1</sup>, Е. Г. Красько<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет;  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Учреждение образования «Национальный детский технопарк»;  
г. Минск, Республика Беларусь

В процессе освоения индивидуальной учебной программы дополнительного образования одаренных детей и молодежи для дистанционной формы получения образования по направлению «Робототехника» («Сервисные роботизированные системы») учащейся УО «Национальный детский технопарк» Красько Елизаветой Георгиевной был реализован проект изобретательского характера «Роботизированная мобильная система здорового сна и пробуждения».

Актуальность программы обуславливается неизменным ростом роботизации всех сфер жизнедеятельности человека, отраслей народного хозяйства и